الصخور والمعادن

في مجال الآثار

د/ هشام عباس أحمد

مدرس ترميم وصيانة الآثار

المعهد العالي للسياحة والفنادق وترميم الآثار

أبوقير - الإسكندرية

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ لِّلّهِ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الأَرْضِ وَكَانَ اللّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ مُّحِيطًا (١٢٦) ﴾

صدق الله العظيم

سورة النساء رقم ١٢٦

مقدمة

مما لا شك فيه أن دراسة علم الصخور والمعادن هو بطبيعة الحال دراسة شيقة تلقي الضوء علي كثير من القضايا المعاصرة وتفك رموز الكثير من الموضوعات التي تتعلق بمجال الآثار ومجال ترميم وصيانة الآثار.

فمنذ أكثر من خمسة ألاف عام أشتغل المصري القديم العديد من الصخور والمعادن بألوانها الجذابة وصلادتها العالية وتجانسها المتناغم وسماها ووصفها من بداية العصور القديمة فسمى الجرانيت الوردي بأسم مات Mat والجرانيت الأسود باسم مات كيمت Mat Kemt وجرانيت جزيرة القنتين باسم مات أن أبو Mat en Abu .

ولا شك أن المصري القديم قد عرف المعادن وقام بإستخراجها وتشكيلها منذ بداية عهد الأسرات فصنع منها الخاتم والخرز والأساور والنجف والعديد من الأشكال التي أستغلها في أغراض الزينة. وبات يصنع بأنامله من الصخور الصلدة أجمل المسلات وأرق التماثيل التي ما زن تراها حتى تشهد بعظمة ومهارة الفنان المصري القديم.

وبلا شك فإن تكنولوجيا أستخدام الأحجار قد وصلت إلي قمة ذروتها في الأسرة الثامنة عشر عندما أرسلت الملكة حتشبسوت مهندتها سنموت لأستخراج مسلتين فاقت الواحدة منهما الثلاثون متراً من محاجر أسوان لكي تقيمهما في معبد الكرنك تقرباً من الإله آمون.

واليوم ونحن نلتمس طريقنا من أجل صياغة رؤية مصرية علمية بين علوم ترميم وصيانة الآثار وعلوم الصخور والمعادن.

أنه ليسعدني أن أحاول ألقاء الضوء علي الكثير من الخصائص والصفات والتراكيب المعدنية والصخرية بالإضافة إلي شرح تفصيل لصور التجوية أو التعرية المختلفة التي تتعرض لها الصخور في صيانتها اليومية.

ومحاولة بناء أساس علمي لأخصائصي ترميم وصيانة آثار المستقبل لتتثنى لهم الحكم والتعرف علي الأسباب الحقيقية التي تقف وراء تلف الصخور وتحللها ومحاولة أسدال الستار عن بعض مظاهر التلف التي يراها ماثلة أمامه سواء في المجال الحقلي أو داخل قاعات المتاحف.

المؤلف

د. هشام عباس أحمد

الباب الأول

أصل الأرض

الباب الأول

أصل الأرض

الأرض هي موطن الإنسان، كيف نشأت وكيف جاءت إلى الوجود؟ لقد ظل الناس يتدبرون أمر هذه المشكلة طوال ثلاثة قرون . وحاولوا الوصول إلى حل للغزها بالرجوع إلى الحقائق المعروفة. ورغم ذلك فليس هناك إجماع على رأي معين حتى الآن. ومازال التضارب بين الآراء والفروض قائما.

كان أقدم الفروض عن أصل تكوين الأرض ما تقدم به العـالم بوفـون (Buffon) (١٧٠٧ – ١٧٨٨) وهو أن جرما سماويا (مذنبا مثلا) اصطدم بالشمس. اصطداما أو ضربة خاطفة أطاحت بجزء من سطح الشمس وجعلته يطير بعيدا في الفضاء حيث تمزق إلى أجزاء صغيرة ثم تكاثفت هذه الأجزاء الصغيرة فصارت كواكب تدور حول الشمس في اتجاه واحد

نظرية السديم

أما الفيلسوف كانت (Kant) ١٧٢٤ – ١٨٠٤ فرأى أن الأرض ربما نشـأت مـن سديم كبير (سحابة من الضباب الناري) ذات ضوء خافت تشبه تلك التي نراها مـن خـلال المناظير في برج الجباره. وصور "كانت" ضباب المادة الأساسية على أنه يتجاذب نحو مركز السحابة الغازية (أيدروجين – هيليوم – أكسجين) ببطء في أول الأمـر ثـم تـزداد سـرعة التجاذب بعد ذلك في حركة تشبه تدفق الماء نحو بالوعة حوض الغسيل. فالمسار الذي يتبعه الماء يبدأ في شكل منحنى ثم يتحول شيئا فشيئا إلى شكل الحلزون حتى يصير حلقيـا عنـد المركز. بهذا الشكل بدأ السديم بمركزه الكثيف الذي يمثل الشمس القادمة.

واستلم لابلاس (La place) ١٧٤٩ – ١٨٤٨ الرياضي الفرنسي فكرة "كانت" مـن هذه المرحلة، وصور الشمس البدائية وما حولها من جو غازى وهي تدور حول محور لهـا. وعند حدوث البرودة والتكثيف انكمش السديم وبدأت سرعة دورانه تزداد وترتب على ذلك أن انتفخت الكرة الضخمة انتفاخا متزايدا عند خط الاستواء وتفلطحت عند القطبين حتى صارت أشبه بشكل قرص منتفخ.

وأخيرا تزايدت سرعة الحركة عند الحافة إلى حد كبير مما أدى إلى ميلها نحو الانفصال والتطاير كما يتطاير الماء من فوق عجلة الدراجة في يوم مطير ولكن ذلك الاتجاه نحو الانفصال كانت تضاده وتمنعه قوة الجذب نحو مركز السديم وفي النهاية كان الجزء الخارجي من السديم يدور بسرعة هائلة لدرجة أن القوة الطاردة المركزية تغلبت على قوة الجاذبية وانفصلت حلقة غازية من جسم السديم ثم استمر السديم في الانكماش فزادت سرعة دورانه وتكرر انفصال الحلقات وتكاثفت هذه الحلقات لتكون الكواكب المعروفة حاليا.

وبدت هذه النظرية السديمية متكاملة ومقنعة حتى أنها سادت ما يقرب من قرن من الزمان. وفي أواخر القرن التاسع عشر اتضح للفلكيون أن هذه النظرية لا تعطي بأي شكل تفسيرا مقبولا لكثير من الحقائق المكتشفة حديثا. وعلى الرغم من وجود كثيرا من السدم ذات الأحجام المختلفة إلا أنه لا يوجد بينها واحد به الحلقة التي تتطلبها النظرية. ولذلك فإن المشكلة التي ظن الناس لمدة قرن تقريبا أنها قد حلت، يلزم الآن إعادة النظر فيها. واستؤنفت مباراة التخمين مرة أخرى ولكن الباحثين هذه المرة تحت أيديهم ثروة كبيرة من الحقائق المعروفة لترشدهم إلى الطريق الصحيح.

نظرية الكويكبات:

وقد افتتح المضمار عالمان أمريكيان هما تشامبرلين ومولتون أحدهما جيولوجي والآخر رياضي فلكي. وتبعهما بسرعة عالمين انجليزيان هما جينس وجفريز (Geans & Jeffreys) وكانت طريقة معالجتهم هي تلك التي أثارها بوفون قبل ذلك بقرن ونصف ألا وهي مقابلة بين الشمس وجسم سماوي آخر. حيث اقترحوا أن يقابل الشمس نجم هائل بدلا من اصطدامها بنيزك صغير الحجم.

وانتقل التفسير بدلا من اصطدام خاطف بين الجرمين إلى مرور كاد أن يمثل تماسا ليس إلا. حيث عند اقتراب هذا النجم من الشمس فإن قوة جاذبيته أحدثت موجة من المد في جسمها تشبه تلك التي يحدثها القمر في مياه المحيطات ولكنها أكبر منها بكثير وعند اقتراب النجم لأقرب نقطة بلغها من الشمس امتدت قمة موجة المد الحادثة في الشمس في هيئة سيال غازي طويل وانفصلت عن الشمس أخيرا. وبعد أن ابتعد النجم في طريقه ارتدت باقي موجه المد إلى الشمس، ولكن السيال الغازي ظل يتبع ذلك النجم العابر لمدة قصيرة كما يطارد كلب صغير سيارة عابرة. ولكن سرعان ما تخلف هذا السيال الغازي عن النجم وتفتت إلى قطع

تكاثفت وتكونت الكواكب منها وبفضل استمرار جذب الشمس لهذه الكواكب دخلت في رحلاتها الكوكبية اللانهائية.

وتختلف وجهات النظر كثيرا من حيث أحجام هذه القطع وعددها فنظرية تشامبرلين ومولتون تفسر ذلك بأن الغازات بردت بسرعة وكونت عددا لا يحصى من الأجسام الصغيرة والتي كانت تدور حول الشمس وكانت موزعة بغير نظام أحيانا في هيئة تجمعات وأحيانا متباعدة عن بعضها. وبمرور الزمن زادت التجمعات تقاربا وكونت كواكب صغيرة ذات أحجام متوسطة نمت شيئا فشيئا إلى أحجامها الحالية بجذب الكويكبات الأخرى إليها.

وعلى عكس الفكرة السابقة هناك الفكرة الشائعة القبول وهي أن معظم تلك القطع كانت كبيرة فعلا وأن عددها هو نفس عدد الكواكب الموجودة الآن وأنها كلها كانت غازية في أول الأمر، ثم بردت كل بسرعتها الخاصة تبعا لحجمها. ومن بين هذه القطع كانت الأرض التي بردت بسرعة وتكثفت إلى الحالة السائلة ثم إلى الحالة الصلبة.

ومن الفروض التي افترضت عن اصل تكوين الكواكب أن الشمس كان لها قرين في الأزمان الغابرة ثم فرض أن هاتين الشمسين تدوران أحدهما حول الأخرى وأنه كانت تفصل بينهما مسافة تقترب من المسافة التي تفصل بين المشترى أو زحل وبين الشمس. وقد اقترح أن قرين الشمس وليست الشمس هي الذي قابلت هذا الجسم الغريب وفقد الكتلة الغازية التي تحولت إلى كواكب.

وفي الوقت الذي كانت تقترح فيه هذه النظريات كانت دراسة خاصية الإشعاع تحرز تقدما سريعا فتحت الباب أمام الفلكيين في محاولتهم لإيجاد حل للمشاكل التي نحن بصددها. وكانت إحدى المحاولات المبشرة تلك التي نجمت عن تأمل تلك النجوم المسماة بالنجوم الجديدة. حيث كانت هذه النجوم غير واضحة الظهور ثم سطعت فجأة حتى فاق تلألؤها تلألؤ أي نجم آخر في السماء. ولكنها بعد فترة قصيرة من هذه العظمة الصارخة تأفل ثم تختفي تماما.

أي أن هذه النجوم مثل الشمس ظلت أجيالا طويلة ترسل الطاقات الناتجة من العمليات الإشعاعية بداخلها ناتجة من تحول الأيدروجين إلى هيليوم وعند نفاذ الأيدروجين الذي بها تبرد هذه النجوم وتتكمش ويؤدي هذا إلى زيادة الضغط بصورة كبيرة بداخلها والذي يؤدي إلى ارتفاع مواز في درجة الحرارة (عدة ملايين من الدرجات المئوية) وتحت هذه

الظروف ينفجر النجم مثل القنبلة الذرية مكونا سحابة شاسعة خاطفة من الضوء تزداد مساحتها وتلمع في السماء ببرق باهر ولكن لمدة قصيرة فقط.

وصور ليتلتون وهويل (Lytileton & Hoyel) تسلسل الحوادث السابقة على أنه قد حدث فعلا لقرين الشمس وعندما تم هذا الانفجار المروع أحدث رد فعل مساو له في القوة طار على أثره قرين الشمس بعيدا عن الشمس في الفضاء اللانهائي. وقد خلف ذلك الانفجار كمية من الغازات ظلت تحت سلطان جاذبيتها وكانت كافية لتكون الكواكب.

نظرية الكواكب الأولية :

في العصر الحديث أعاد العلماء النظر في احتمال الأصل السديمي للأرض ووضعوا نظرية جديدة في ضوء الأكتشافات الحديثة وقد حلت هذه الفكرة مكان نظرية السديم التي وضعها كانت ولابلاس وهذه النظرية وضعت بواسطة العالم فون فاتيسيكر عام ١٩٤٤ ثم أدخل عليها جيرالد كيبر بعض التعديلات حيث وجدوا أن السدم الذي يدور بسرعة سوف ينشئ دوامات على سطح قرص المادة السديمية في أماكن مختلفة وكل دوامة تجمع المواد المحيطة بها وتكون كوكبا أوليا ويعتقد أن تسعة كواكب أولية (الكواكب الحالية) قد تكونت وقد كانت الكواكب الأولية أكبر كثيرا من الكواكب الحالية. كما نشأت دوامات صغيرة داخل بعض الدوامات الكبيرة وتطورت إلى أقراص تدور حول نفسها ثم أصبحت أقمارا تابعة للكواكب. ويؤيد كثير من علماء الفلك هذه النظرية لأن المشاهدة بالمناظير تظهر وجود دوامات حقيقية عديدة بين النجوم. وقد أصبحت نظرية الكواكب الأولية مقبولة عند معظم العلماء لأنها تشرح حقائق كثيرة عن النظام الشمسي ومع ذلك فإن هذه النظرية لم تكتمل بعد وما زال أصل النظام الشمسي وكوكب الأرض في حاجة إلى المزيد من التأمل.

عمر الأرض:

تفاوتت التقديرات عن عمر الأرض وهل هو ٦٠٠٠ سنة كما اعتقد علماء الديان القدامى أم ١٠ مليارات عام كما يعتقد بعض علماء الفلك والفيزيقا. ولكن الدلائل العلمية تشير إلى أن عمر الأرض ٤٥٠٠ مليون سنة تقريبا.

وحدات سلم الزمن الجيولوجي:

أكبر وحدة في الزمن الجيولوجي هي (الحقب Era) وينقسم كل حقب إلى وحدات زمنية أصغر تعرف باسم العصور periods وينقسم كل عصر في الزمن الجيولوجي إلى فترات Epochs. وتوجد خمسة أحقاب خلال الزمن الجيولوجي لكل منها اسم يعطينا دلالة على درجة تطور الحياة المميزة لهذا الحقب كما يلي:

السينوزوي : الحياة الحديثة الأحدث

الميزوزوي : الحياة الوسطى.

الباليوزوي : الحياة القديمة.

البروتيروزوي : طلائع الحياة

الأركيوزوي : بدء الحياة الأقدم

ويشار إلى صخور الأركيوزوي والبروتيروزوي معا باسم ما قبل الكمبرى Precambrian ويحتوي سجل هذا الجزء من تاريخ الأرض على حفريات قليلة جدا من الصعب تحديدها وقد قدر العلماء أن زمن ما قبل الكمبرى يمثل حوالي ٨٥% من كل الزمن الجيولوجي.

وقد قسمت حقب الحياة القديمة (الباليوزوي) إلى ستة عصور كما يلي : البرمى – الكربونى – الديفونى – السيلورى – الأوردوفيشى – الكامبرى .

أما عصور الحقب الأوسط (الميزوزوي) فتنقسم إلى الطباشيرى – الجوارسي – الترياسي.

- ❖ **تشريح الأرض:**

لقد كانت الأرض في أول الأمر كرة غازية لم تلبث لمدة قصيرة أن تحولت سريعا إلى كرة سائلة. وفي كلتا الحالتين فإن المواد الثقيلة تغوص نحو المركز بينما تطفو الخفيفة إلى السطح فينتج عن ذلك تركيب نطاقي لداخل الأرض يمكن تشبيهه تشبيها سطحيا بتركيب البصلة. وبمرور الوقت سرت الحرارة الداخلية للأرض نحو الخارج وكنتيجة لفقد الحرارة بهذه الصورة، بردت النطق الخارجية وتصلبت.

تظهر دراسة الصخور الموجودة بسطح الأرض أن هناك ثلاث أنواع رئيسية من الصخور في القشرة الخارجية وهذه الصخور تكونت بعمليات سنتناولها بالتفصيل في مرحلة قادمة.

ولا شك أن يكفينا الآن تسمية هذه الصخور. فالجرانيت والبازلت أمثلة للنوع المسمى بالصخور النارية، أما الحجر الرملي والطين فهي صخور رسوبية، وصخور النايس والشست وتركيبها الكيميائي هو نفس تركيب النوعين الأخريين تقريبا وهي تنشأ منها نتيجة التعرض للحرارة والتشرب بالسوائل، أو الصهر حتى يتغير مظهرها تماما وتسمى هذه الصخور المتحولة من حالة إلى أخرى بالصخور المتحولة.

وتمثل هذه الصخور العريقة قلوب القارات ونسميها في الجيولوجيا بالدروع. فالدرع الكندي يحيط بخليج هدسون، والدرع البلطيقي يمتد تحت بحر البلطيق إلى الشرق حتى فلندا وشمال روسيا، وهناك دروع أصغر في جنوب الهند ووسط أفريقيا واستراليا وأماكن أخرى.

وفي ذلك الزمن السحيق عندما كانت أقدم الصخور في طور التكوين، لابد أن القشرة الأرضية كانت أكثر سخونة مما هي عليه الآن – وربما كانت حارة فعلا. وحتى في وقتنا الحاضر عندما ينفجر بركان فإنه ينفث صخورا سائلة أي ما نسميه باللابه التي قد تصل حرارتها حوالي ١٢٠٠°م ويعد هذا دليلا على أن الأرض مازالت تحتفظ بباطن حار جدا. وقد اتضحت هذه الحقيقة كذلك من صناعة التعدين، إذا أنه قد وجد عند حفر الآبار ومهابط المناجم، أن هناك ارتفاعا ثابتا نسبيا في درجة الحرارة بازدياد عمق الحفر في الصخور وأن هذه الزيادة تبلغ في المتوسط درجة ولحدة مئوية لكل ستين أو سبعين قدما.

وقد قدر حسابيا أن الحرارة عند مركز الأرض قد تبلغ ٢٠٠٠ أو ٣٠٠٠°م إذا فرض أن نسبة ارتفاع الحرارة مع العمق تظل ثابتة وأنه بهذا المعدل تكون درجة الحرارة كافية لصهر الصخور على عمق ٢٢ ميلا. ولكن هذا لا يعني أنها منصهرة فعلا، إذا أنه عند أعماق مثل هذه يكون الازدياد في الضغط عاملا مهما فمن المعلوم أننا إذا صهرنا قطعة من الصخر في فرن بالمعمل فإنها تتمدد. ولكن مثل هذا لا يمكن أن يحدث في الأعماق البعيدة من القشرة الأرضية حيث الضغط عالي جدا وبالتالي فإن الصخر لا يمكن أن ينصهر ، وهنا يصير طبيعيا أن نتساءل هل تسود هذه الحالة حتى مركز الأرض؟ أم أن هناك عمق يلحق فيه ارتفاع الحرارة بالازدياد في الضغط وبذلك يظل المركز محتفظا بحالته السائلة الأصلية.

الأغلفة المختلفة للأرض:

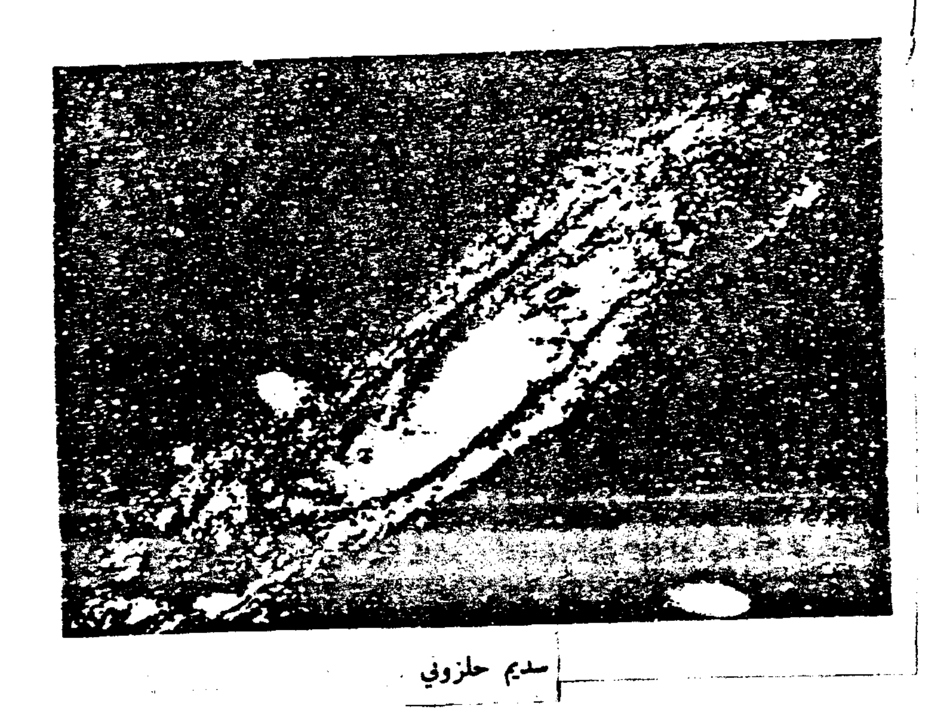
تقسم الكرة الرضية إلى أربعة أغلفة مختلفه امكن تمييزها كالآتي:

١- الغلاف الجوى Atmosphere وهو عبارة عن الغلاف الغازي الـذي يحـيط بـالكرة الأرضية ويتكون أساسا من النيتروجين والأوكسجين وكميات صغيرة من ثاني أكسـيد الكربون وبخار الماء وبعض الغازات الأخرى الخاملة كالأرجون وترجع أهميـة هـذا الغلاف إلى تأثير هذه الغازات على سطح الكرة الأرضـية بالإضـافة إلـى العوامـل الطبيعية الأخرى.

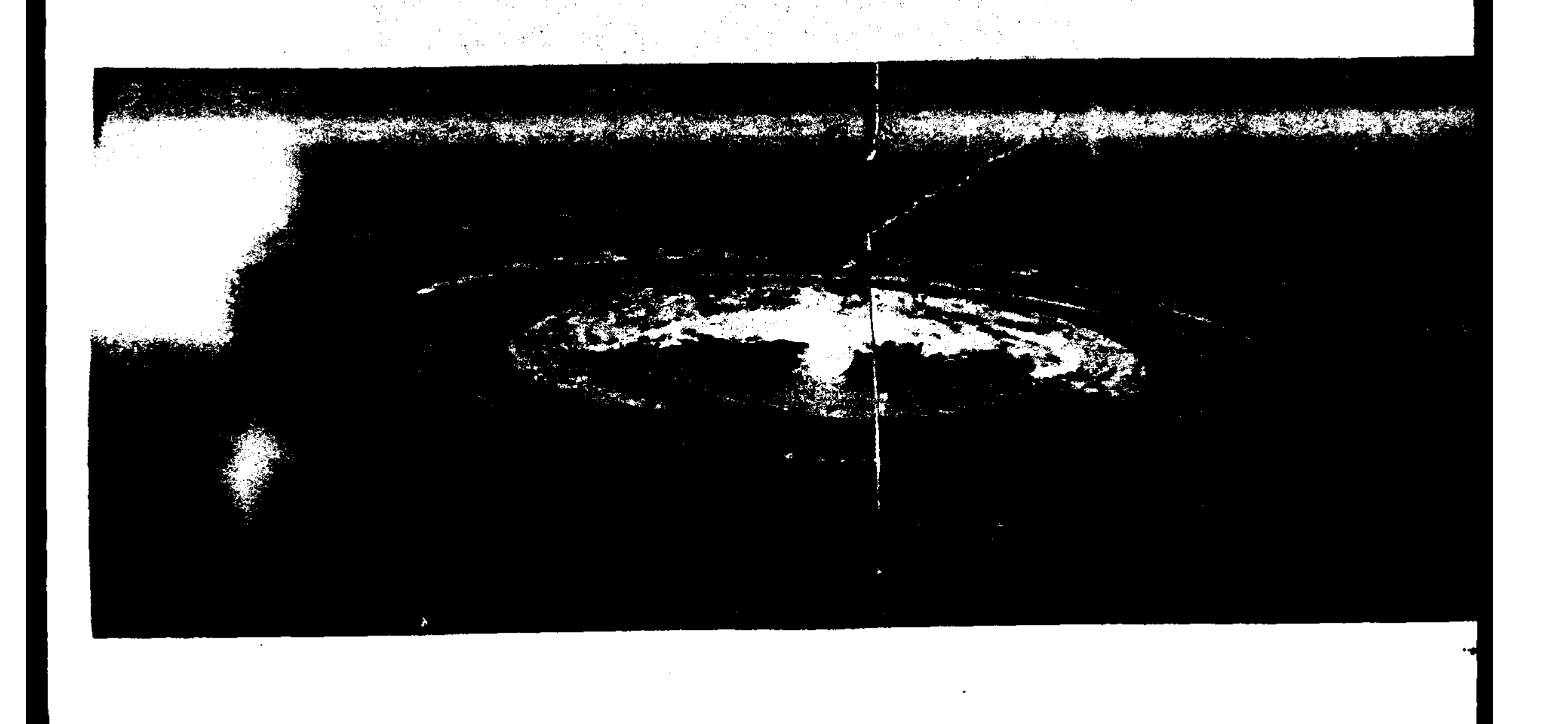
٢- الغلاف المائي Hydrosphere ويطلق على كل أنواع المياه من بحار ومحيطات وأنهار وبحيرات كذلك المياه الجوفية التي تتخلل الصخور إلى مئات أو آلاف الأمتار ويغطـي هذا الغلاف حوالي ثلاثة أرباع سطح الأرض تقريبا ويبلغ أكبر عمق في المحيط الهادي ٣٥٤٠٠ قدما ولهذا الغلاف تأثيره الجيولوجي الكبير على القشرة الأرضية.

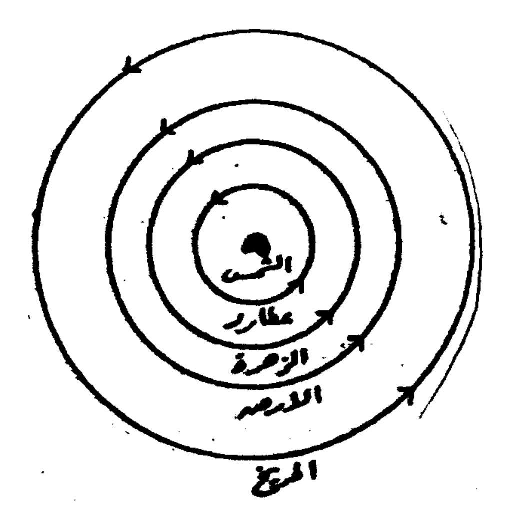
٣- الغلاف اليابس Lithosphere ويعرف أيضا بالقشرة الأرضية ويشتمل على جميع أنواع الصخور المكونة للأرض ابتداءا من سطح القشرة الأرضية حتى لـب الأرض ويبلـغ سمك هذا الغلاف حوالى ٢٩٠٠ كم عند خط الاستواء وتطفو الصخور الجرانيتية الغنية بالسليكا والألومنيوم (والمعروفة بطبقة السيال) لخفتها على سطح القشرة الأرضية وهي تكون قاعدة القارات يعلوها التكاوين المختلفة من الصـخور الرسـوبية بينمـا توجـد الصخور البازلتية الغنية في السليكا والمغنسيوم والمعروفة (باسم طبقة السـيما) أسـفل طبقة السيال وتكون قيعان البحار والمحيطات.

لب الأرض Centrosphere وهو الذي تغلفه الأغلفة السابقة ويكون عادة في حالة لدنة أو شبه سائلة ويتكون غالبا من النيكل والحديد.

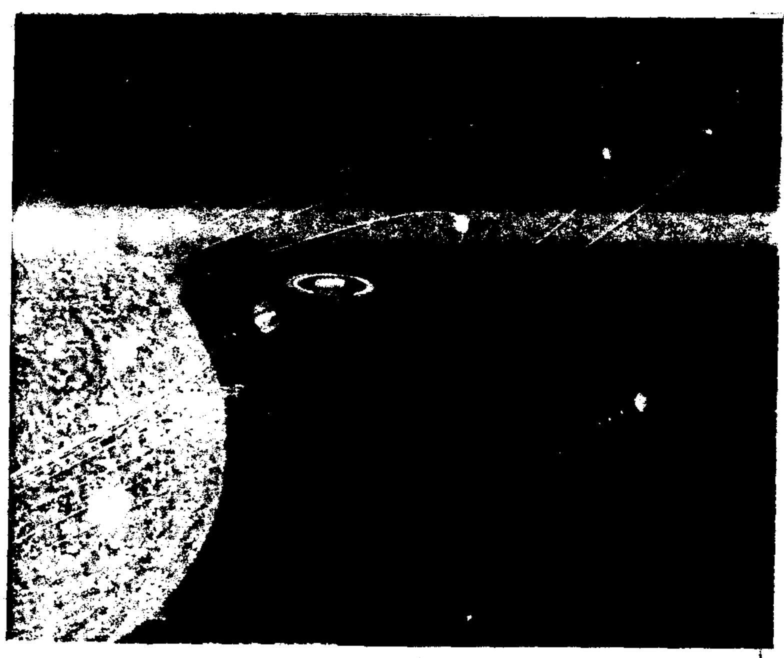


سديم حلزوني





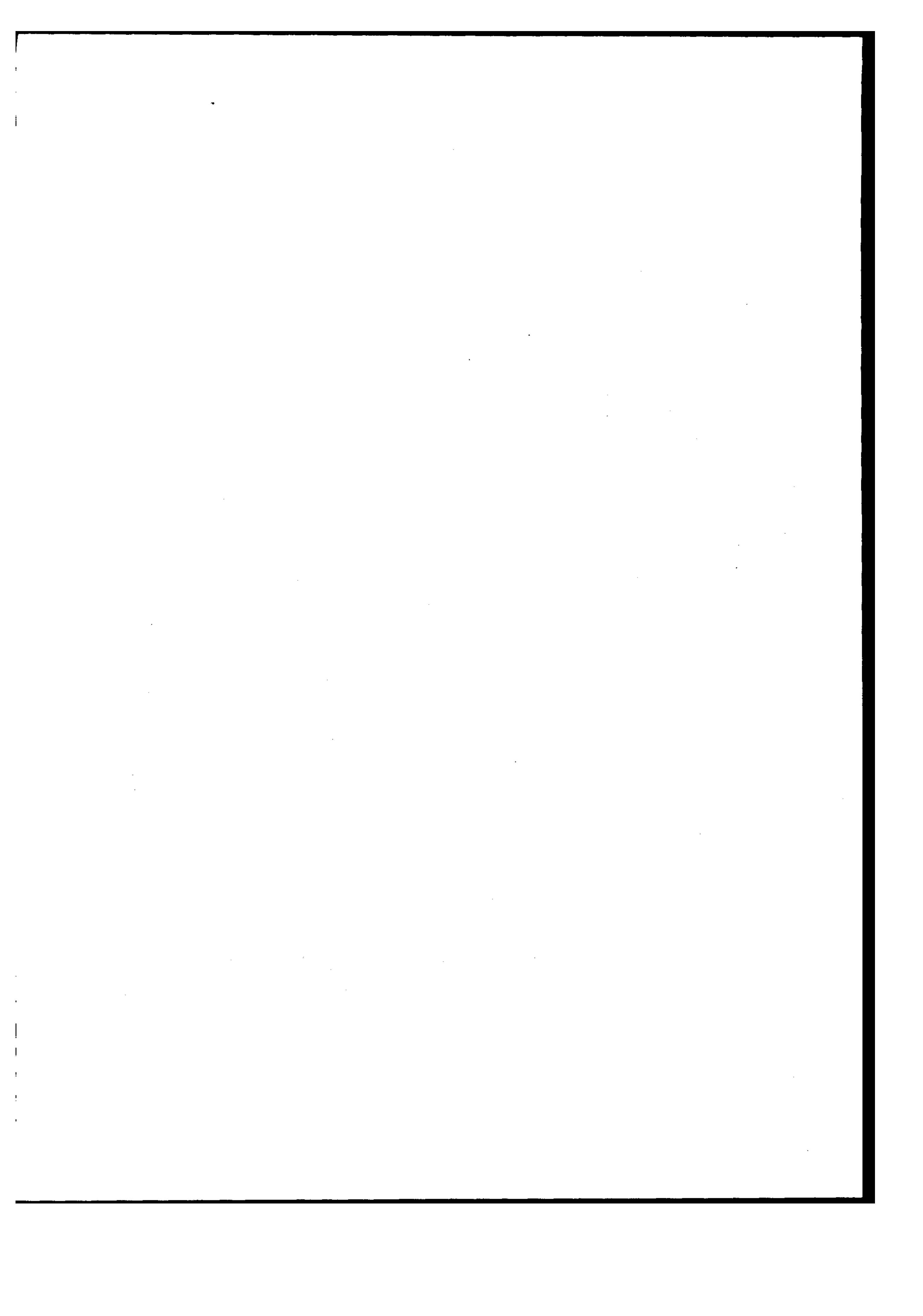
مدارات الكواكب الأربعة القريبة من الشمس



تصور فني للحجم النسبي لمجموعة الكواكب
مقارنة بمجموعتنا الشمسية

الباب الثاني

المعادن



الباب الثاني

المعادن

يعرف المعدن بأنه مادة طبيعية ذات تركيب كيميائي مميز ولها غالبا تركيب بلوري ثابت يظهر أحيانا على السطح في قوالب أو ترتيبات هندسية ويتبين من التعريف أن المادة يجب أن توجد في الطبيعة لكي تسمى معدنا فكبريتات الكالسيوم إن وجدت في الطبيعة أصبحت معدنا أما التي نحضرها في معمل فلا يطلق عليها هذا الاسم بل تصبح مركبا كيميائياً – فالتركيب الكيميائي المميز أساسي وضروري لتسمية المعدن.

ولكنه أحيانا يكون غير كاف لتحديد شخصية المعدن فقد يتفق معدنان في التركيب الكيميائي ولكنهما يختلفان في كثير من الصفات الطبيعية كاللون والصلابة والكثافة وذلك لأن ذرات المعدنين تكون مرتبة ترتيبا مختلفا ولهذا نص في تعريف المعدن أن يكون له تركيب بلوري خاص. ونجد أن الكثير من أحجار الزينة المصنوعة وأن تكن تتلاءم مع بقية مفردات التعريف السالف للمعدن فهي تعرف عند الكثير من المعدنيين الدارسين للمعادن باسم معادن صناعية وهو الاسم المعطى لأي مادة قد تشبه المعدن وتستخدم لتحل محل المعدن (مكافئه الصناعي). ومن هذا المنطلق فاللؤلؤ ليس معدنا كريما إذا أن صانعته هي الحيوانات البحرية والعاج ليس معدنا فهي من سن الفيل والكهرمان والعنبر ليس معدنا إذا أنه افراز نباتي صبغي.

وتعتبر المعادن على درجة عالية من الأهمية الاقتصادية والجمالية والعلمية بشكل عام. فهي تعتبر الأساس للكثير من الألات والأجهزة التي نستخدمها في حياتنا اليومية. وهي تبهرنا بجمالها في صورة الأحجار الكريمة والنصف كريمة التي تزينت وتباهت بها نساء العالم منذ فجر التاريخ وحتى وقتنا الحاضر.

وهي علميا تشكل خبيئة الأسرار التي ظل الإنسان يلهث ورائها منذ أن كان وإلى يوم القيامة كيف بدأ تاريخ الكون وكيف تكونت الأرض وغدت منها الواحة الغناء والصحارى القاحلة كيف اختلفت ألوان وتراكيب الصخور المختلفة كيف نشأت وكيف تكونت.

التركيبات الكيميائية للمعادن

كل المواد بما فيها المعادن تتركب من عنصر "Element" أو أكثر والعنصر هو المادة التي لا يمكن تحليلها إلى مواد أبسط منها بالوسائل الكيميائية المعتادة.

ومن الوجهة النظرية إذا أتيح لك أن تأخذ كمية من أي عنصر وتقسمها إلى أجزاء صغيرة جدا فإنك في النهاية ستحصل على أصغر جزء لا يزال يحتفظ بصفات العنصر وهذا الجزء الضئيل يسمى "ذره" وهي أصغر جزئ في العنصر والتي لا نستطيع رؤيتها بأقوى الميكروسكوبات. وبعض المعادن مثل الذهب والفضة تتكون من عنصر واحد فقط ولكن غالبا المعادن تتكون من عنصرين أو أكثر لتكون المركب فمثلا الكالسيت مركبا كيميائيا يعرف باسم كربونات الكالسيوم.

ويمكن التعبير عن التركيب الكيميائي لمركب ما بواسطة القانون الكيميائي (وهو $CaCO_3$ في حالة الكالسيت) وفيه يكون تمثيل كل عنصر بواسطة رمز ويشتق الرمز من اختصار للاسم اللاتيني أو الانجليزي للعنصر الذي يمثله الرمز.

وبالرغم من أننا نعرف أكثر من مائة عنصر فإن ثمانية فقط من هذه العناصر منتشرة لدرجة أنها تكون أكثر من ٩٨% (بالوزن) وحوالي ١٠٠% (بالحجم) من القشرة الصلبة للأرض.

فمثلا عنصرين مثل الأكسجين والسيليكون يكونان ثلاث أرباع وزن الصخور تقريبا، وهذان العنصران من اللافلزات بينما توجد عناصر من الفلزات (مثل الألومنيوم والحديد والكالسيوم) وتتميز الفلزات بالقدرة على توصيل الكهرباء والحرارة وقابليتها للطرق على شكل صفائح والسحب على شكل أسلاك.

أما المعادن اللافلزية فليس لها مثل الصفات السابقة وهي تشمل معادن مثل الكبريت والماس.

❖ **البللورات : تعريف البلوره : البلورة جسم يحده عادة أسطح مستوية ولها شكل هندسي منتظم يعبر عن ترتيب ذري داخلي معين فعندما تتخذ المعادن البلورية شكلها الصلب وتنمو بدون أي تدخل من مؤثر خارجي، فإنها تعطي أشكالا ملساء ذات زوايا تعرف بالبلورات "Crystals" كما تعرف المستويات التي تكون الأسطح الخارجية للبلورات باسم**

الأوجه "Crystal Faces" وهذه الأوجه ذات علاقة مباشرة بالتركيب الذري الداخلي للمعادن.

كما تعتمد مساحة كل وجه على تكرار الذرات في المستويات المختلفة ويعتبر شكل البلورات والزوايا المحصورة بين المجموعات المترابطة من الأوجه البلورية وسيلة مهمة للتعرف على المعادن.

بناء المعادن The Structure of minerals

لقد أمكن تحديد البناء الداخلي للمعادن خلال القرن الأخير باستخدام الأشعة السينية ومن الغريب أن العلماء قبل ذلك بمائتي عام قد قدروا أن البللورات تتسم بانتظام في الشكل بدرجة مذهلة. حيث لم يكن ذلك ظاهرا في بداية الأمر فنجد أن بلورات الكوارتز تبدو أوجهها متغيرة شكلا وحجما ولا يتجلي التناسق واضحا، إلا حين تقاس الزوايا بين القرائن المتناظرة من الأوجه البلورية.

فعادة ما تكون الزوايا بين الوجهين فى كل بلورات المعدن الواحد ثابتة القيمة مهما تغيرت البلورة في الشكل الخارجي.

أوجه البلورة Crystal Faces:

أوجه البلورة هي الأسطح التي تحد البلورة من الخارج وعادة ما تكون مستوية ولكنها قد تتقوس كما في بعض أنواع السيديرايت والماس وقد تكون أوجه البلورة كلها متشابهة أو يكون بعضها متشابه والآخر غير متشابه.

أشكال البلورة Crystal Forms :

البلورة التي تتكون كلها من أوجه متشابهة تعرف بالشكل البسيط Simple Form مثل المكعبCube أو المثمن Octahedron كل منها عبارة عن شكل بلوري بسيط لكل وجه من أوجه الشكل نفس الصفات التي للأوجه الأخر إذا تكونت البلورة من شكلين بسيطين أو أكثر سميت تركيبا Combination فمثلا بلورة الجالينا Galena هي تركيب من شكلين بسيطين هما المكعب والمثمن.

حد البلورة Crystal edge:

يتكون حد البلورة عندما يتقاطع أي وجهين متجاورين .

الزوايا المجسمة:

تتكون الزوايا المجسمة في البلورة من تقاطع ثلاثة أوجه على الأقل.

زاوية بين الوجهين Interfacial angle:

هي الزاوية الواقعة بين أي وجهين في البلورة ويعبر عنها بلوريا بأنها الزاوية الواقعة بين العمودين الساقطين على هذين الوجهين ولهذه الزاوية أهمية خاصة في علم البلورات إذ أن زوايا بين الوجهين المتماثلة الوضع ثابتة القيمة في درجة الحرارة الواحدة كجميع البلورات التي لها تركيب كيميائي واحد دون اعتبار لحجم أو شكل البلورة وهذا هو قانون أساسي في علم البلورات.

قياس زاوية بين الوجهين:

تقاس زاوية بين الوجهين بواسطة جهاز يعرف بالجونيومتر Goniometer ويوجد منه نوعين ، نوع يعرف بجونيومتر التماس Contact goniometer والآخر يعرف بجونيومتر الانعكاس Reflecting goniometer.

التماثل أو التناسق Symmetry:

يعرف التناسق أو التماثل في البلورة بأنه انتظام معين في وضع الأوجه والحدود ويختلف التناسق في بلورة معدن عنه في بلورات المعادن الأخرى ويستخدم كأساس لتقسيم أنواع البلورات المختلفة. ويعرف التناسق في البلورات بالنسبة لثلاثة مقاييس.

- **المقياس الأول مستوى التناسق أو التماثل Plane of symmetry:**

ويقسم مستوى التناسق البلوري إلى قسمين كل منهما صورة مرآة Mirror Image أي أن القسمين يكونان متماثلان تماماً في الشكل والوضع فالمكعب مثلا له تسعة مستويات تناسقية.

❖ **المقياس الثاني: محور التناسق Axis of symmetry**

محور التناسق أو التماثل هو المحور الذي يمكن أن تدور حوله البلورة لتحتل نفس المكان أكثر من مرة في دورة كاملة. وعلى قدر التناسق الموجود في البلورة فإنها يمكن أن تأخذ هذا الوضع مرتين أو أربعة أو ستة في الدورة الكاملة. وتعرف المحاور التي تعطي هذه الأوضاع على ذلك بالمحور الثنائي Diagonal axis أو المحور الرباعي Tetragonal أو المحور السداسيHexagonal axis .

❖ **المقياس الثالث: مركز التناسق أو مركز التماثل Center of symmetry:**

يوجد مركز تناسق في البلورة إذا ما ترتب أوجه أو حدود البلورة في أزدواج وفي أوضاع متماثلة على جانبين متضادين لنقطة مركزية في وسط البلورة.

❖ **المحاور البلورية Crystallographic axes:**

المحاور البلورية هي خطوط تخيلية تتقاطع في نقطة داخل البلورة وتمتد إلى وسط الأوجه المختلفة للبلورة مثلما يعين وضع المستويات في الهندسة الفراغية بتقاطعها مع ثلاث محاور متقاطعة في مركز.

تقسيم البلورات:

أثبتت الدراسات الرياضية أنه يمكن أن يتكون ٣٢ طرازاً من التناسق البلوري تختلف عن بعضها في نوع وكمية مقاييس التناسق الموجودة بالبلورة أي تختلف في المستويات ومحاور ومركز التناسق.

وقد عرف علماء المعادن الأنظمة البلورية كالآتي:

١- فصيلة المكعب Cubic System :

الأشكال البلورية التي تتبع هذه الفصيلة لها ثلاث محاور بلورية أ،أ،أ متساوية الطول ومتعامدة.

من المعادن التي تتبلور في هذه الفصيلة الجالينا Galena والبايريت Pyrite.

٢- فصيلة الرباعي Tetragonal System:

لها ثلاث محاور بلورية أ،أ،ج اثنان منها أفقيان وهما المحوران الأفقيـــان والمحـــور الثالث ج رأسي أطول أو أقصر من المحورين الأفقيين والمحاور الثلاثـــة متعامـــدة مثـــال: الزيركون Zircon والكاسيتيرايت Cassiterite وهي لها محور متماثل واحد رأسي ربـــاعي الدوران.

٣- فصيلة السداسي Hexagonal System:

لها أربعة محاور بلورية أ،أ،أ،ج ثلاثة أفقية متساوية بين كل منها زاوية ١٢٠ حيـــث يكون المحور ج عمودي على المستوى الذي يحتوي على المحاور الأفقية مثال : الكـــوارتز Quartz والكالسايت Calcite وتتميز هذه الفصيلة بوجود محور تماثل واحد رأسي سداســـي الدوران

- فصيلة الثلاثي وتتميز بنفس المحاور البلورية التي بفصيلة السداسي بالإضافة إلى وجود محور تماثل واحد رأسي ثلاث الدوران.

٤- فصيلة المعيني القائم Orthorhombic System

لها ثلاث محاور أ،ب،ج غير متساوية الطول ولكنها متعامدة مثال : الباريت barite والأولفين Olivine والأرجونايت Argonite . وتتميز بوجود محور واحد ثنائي الـــدوران أو ثلاث محاور ثنائية الدوران ومتعامدة تبادليا.

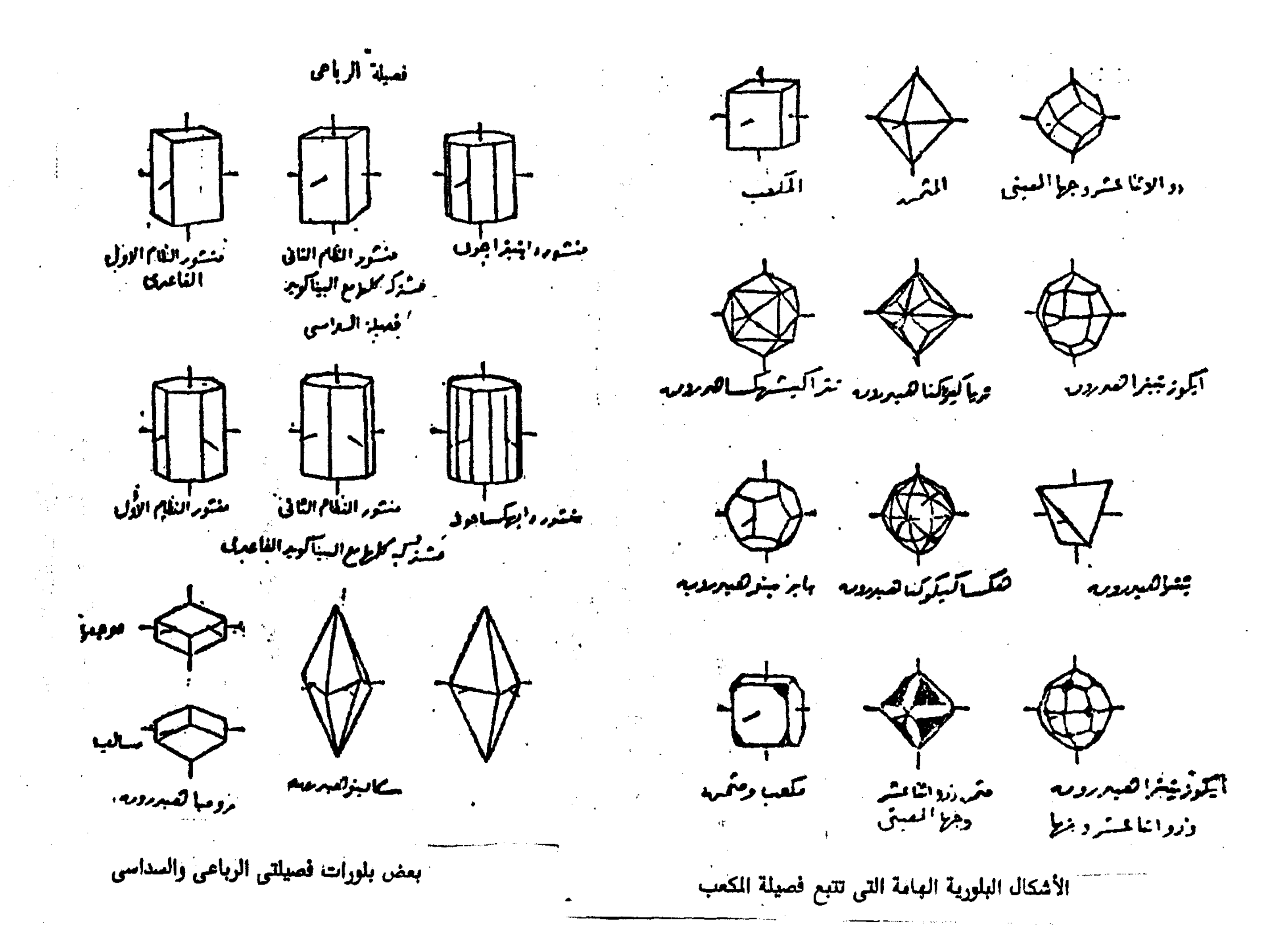
٥- فصيلة الميل الواحد Monoclinic System:

لها ثلاث محاور أ،ب،ج غير متساوية الطول - أحدهما رأسي وأخر متعامـــد مـــع المحور الثالث يصنع زاوية مائلة مع المستوى الذي يوجد فيه المحـــورين الأخـــرين. مثـــال الجبس Gypsum والأورتوكليز Orthoclase والأوجيت augite ويتميز بوجود محور واحـــد ثنائي الدوران.

٦- فصيلة الميول الثلاثة Triclinic system :

لها ثلاث محاور أ، ب ،ج كلها غير متساوية وكلها غير متعامدة مثال بلاجيـــوكليز Plagioclas و اكزينايت axinite وقد يتواجد مركز تماثل أو لا يوجد تماثل بها.

الفصائل البلورية	المحاور البلورية
(١) فصيلة المكعب أو متساوي الأبعاد	ثلاثة محاور متساوية في الطول ومتعامدة
(٢) فصيلة الرباعي	ثلاثة محاور متعامدة منها اثنان أفقيان ومتساويان في الطول والثالث عمودي ومختلف في الطول
(٣) فصيلة السداسي (٤) فصيلة الثلاثي	أربعة محاور ثلاثة منها أفقية ومتساوية في الطول وتتقاطع في زوايا مقدارها ١٢٠° والرابع عمودي ومختلف عنها في الطول
(٥) فصيلة المعين القائم	ثلاثة محاور متعامدة ومختلفة في الطول
(٦) فصيلة أحادي الميل	ثلاثة محاور مختلفة في الطول وأحدها مائل على المستوى الذي يحتوي على المحورين الآخرين (ب)، (حـ)
(٧) فصيلة الميول الثلاثة	ثلاثة محاور مختلفة في الطول وغير متعامدة على بعض



بعض بلورات فصيلتى الرباعى والسداسى

الأشكال البلورية الهامة التى تتبع فصيلة المكعب

الخواص الطبيعية للمعادن:

❖ اللون :Colour

لون المعدن خاصية من أهم الصفات الطبيعية التي يجب دراستها لتميزه عن المعادن الأخرى، ويعزى لون المعدن إلى قدرته على امتصاص بعض الأشعة الملونة التي تكون الضوء الأبيض العادي وعكسها للبعض الآخر. فيبدو لون المعدن أصفر مثلا لأنه يعكس الذبذبات الصفراء من ذبذبات الضوء الأبيض بينما يمتص جميع الذبذبات الأخرى – ويبدو المعدن أسود اللون إذا ما كان يعكس الضوء بكمية ضئيلة جداً لا تؤثر في العين.

أما إذا عكس المعدن جميع ذبذبات الضوء الأبيض بدا لنا ابيض اللون وهكذا. لبعض المعادن ألوان ثابتة تقريباً وتسمى Idrochromatic بينما تتغير ألوان بعض المعادن تغيرا كبيرا ويعرف هذا القسم Allochromatic ويعزى هذا التغير في اللون إلى وجود مادة ملونة Pigments أو دخيلة Inclusion أو شوائب أخرى في تركيب المعدن وفي المعادن ذات الألوان الثابتة يصبح لون المعدن صفة ملازمة له لأن المادة الملونة تكون جزء هاما من تركيب المعدن ومن الأمثلة الشائعة للمعادن الثابتة الألوان الكبريت ولونه أصفر والمالكيت malachite، لونه أخضر والأزوريت Azurite أزرق اللون والبيريت Pyrite أصفر والمجناتيت Magnetite أسود ... إلخ.

أما المعادن متغيرة الألوان فهي بيضاء أو عديمة اللون إذا ما كانت نقية ويعزى تغير لونها إلى احتواء المعدن على شوائب بين المواد الملونة وتوجد على أشكال حبيبات مجهرية الحجم أو لوجود معادن ملونة دخيلة في تركيب المعدن المتغير اللون ومن أمثلة المعادن المتغيرة اللون الكوارتز وهو عديم اللون إذا كان نقيا ولكن الأنواع غير النقية منه تأخذ مختلف الألوان فمنها الأرجواني amethyst والكوارتز المدخن Smoky quartz البني أو الأسود اللون والكوارتز الوردي rose quartz ذو اللون الأحمر الباهت .. إلخ.

وتنتشر المادة الملونة في المعدن عادة انتشار غير منتظم فقد توجد في بقع مثل الجمشت والياقوت الأزرق Sapphire أو توجد في طبقات أو أشرطة مميزة كالتورمالين Tourmaline أو العقيق Agate.

تغير أو تلاعب الألوان Change or play of colour

لبعض المعادن خاصية تغير لونها إذا ما تغير وضعها أو نظر إليها في اتجاهات مختلفة ومن أحسن الأمثلة على هذه الخاصية الماس والابرادورايت Labrcdorite والأوبال Opal وتعزى هذه الخاصية إلى انقسام شعاع من الضوء الأبيض إلى مكوناته الملونة عند دخوله أو خروجه من المعدن.

الألأة Opalescences:

وهي عبارة عن انعكاسات لؤلؤية أو لبنية من داخل المعدن تظهر في بعض الأوبال (وحجر القمر) Monstone وخاصة إذا ما كانت مصقولة.

التلون بألوان الطيف Irridescense

وتظهر بعض المعادن عرضا لألوان زاهية نتيجة اشعاعات ضوئية في شقوق دقيقة على سطح المعدن.

تغير اللون في الضوء المرسل:

تبدو بعض المعادن في ألوان مختلفة عندما تفحص في أوضاع مختلفة بالضوء المرسل.

اللمعان أو البريق Lustre

بريق المعدن هو مظهر سطحه في الضوء المنعكس وهو من الخواص الأساسية المميزة للمعادن؛ وعلى ذلك فشدة ونوع بريق المعدن تتوقف على مقدار ونوع الانعكاسات الضوئية عند سطح المعدن وتوجد ستة أنواع من البريق يمكن تمييزها في قسمين أولين:

١- البريق الفلزي Metallic Lustre

وهذا يظهر على سطح الفلزات والمعادن ذات المظهر الفلزي وأمثلة المعادن ذات البريق الفلزي الذهب - البايرايت الحديدي Iron Pyrite والجالينا galena وإذا ما كان البريق الفلزي ضعيفا سمي البريق Submettalic luster مثل بريق الكروميت Chromite والكوبريت Cuprite.

٢- البريق الافلزي monometallic وهذا يشمل جميع أنواع البريق الافلزية وأهمها

(أ) البريق الزجاجي Vitreous luster وهو بريق الزجاج المكسور مثل بريق الكوارتز.

(ب) البريق الصمغي أو الراتنجي resinous luster وهو بريق المادة الصمغية مثل بريق السفاليريت Sphalerite والاوبال Opal والعنبر amber (ينتج عن بعض معادن لها ألوان بين اللون الأصفر والبني).

(ج) البريق اللؤلؤي Pearly luster

وهو بريق اللؤلؤ ويبدو على سطح معادن التلك Talc والبروسيت brucite والسلينيت selenite ومصدر هذا البريق انعكاس الضوء من عدة مستويات متوازية ومتتابعة كمستويات الانفصام داخل البلورة مثلا.

(د) البريق الحريري Silky luster

ويظهر على سطح المعادن ذات التركيب الليفي وجود ألياف صغيرة متوازية مثل النوع الليفي من الجنس المعروف باسم satin spare ونوع الاسبستوس asbestos والمعروف بالاميانثاس amianthus.

(ه) البريق الأرضي:

أما نقص البريق بشكل عام الناتج عن وجود أسطح تشتت الضوء فيعطي ما يسمى بالبريق الأرضي.

(و) البريق الدهني:

وينتج هذا البريق مما يصيب السطوح من شذوذات دقيقة، فلو أن تلك السطوح كانت ناعمة ملساء لأعطت بريقا دهنيا أو ماسيا.

(ز) البريق الماسي Admantine luster

يبدو السطح شديد اللمعان مع درجة عالية من الانكسارات كبريق الماس والبيرومورفيت Pyromorphite.

الشفافية ونصف الشفافية transparency and translucency:

تتوقف هاتان الصفتان على قدرة المعدن على إرسال الضوء.

المواد التي يمكن أن ترى الأجسام من خلالها بسهولة ووضوح تعتبر مواد شفافة – مثال ذلك الكوارتز الشفاف والسيلينيت؛ فإذا نفذ بعض الضوء خلال المعدن وامكنت الرؤية خلاله بغير وضوح يسمى المعدن نصف شفاف وهي الحالة الشائعة في المعادن مثل اليشم jade والعقيق المكسيكي Mexican onyx أما المعادن المعتمة Opaque فهي التي لا ترسل الضوء حتى من الطبقات الرقيقة من المعدن مثل الجرافيت Graphite.

التضوأ – التفسفر والتفلور: phosphorescence and fluorescence

تتألق أو تتوهج بعض المعادن مشعة ضوء إذا ما عرضت لبعض الظروف كالحرارة والاحتكاك والأشعة فوق البنفسجية – أشعة إكس- أشعة الكاثود – الإشعاعات الراديومية أو ضوء الشمس ويلاحظ أن الألوان التي تتألق أو تتوهج فيها هذه المعادن تخالف كثيرا ألوان المعادن قبل تعرضها لهذه المؤثرات.

فبعض أنواع الفلورسبار إذا ما سحقت وسخنت فوق لوحة حديدية تظهر تألقا براقا؛ وكذلك إذا ما حكت قطعتين من الكوارتز ببعضها فإنهما يشعا ضوءا متألقا – والماس والياقوت والوليميت وغيرهما تتألق ببريق أخاذ بعد تعرضها لأشعة إكس وتستغل هذه الخاصية في التأكد من أن هذه المعادن قد استخلصت كلية من الخامات التي كانت بها.

ويعرف التفلور بأنه خاصية بعض المعادن في التألق أثناء تعرضها لهذه المؤثرات الخارجية فإذا ما استمر التألق بعد زوال المؤثر يسمى ذلك تفسفر أو فسفرة. ومع أن هذه الخاصية ملفتة للنظر إلا أن دورها في تعريف المعادن يكاد يكون دورا محدودا حيث عينات كثيرة من نفس المعدن يمكن أن تتضوأ بأكثر من لون واحد وحتى عينات المنطقة الواحدة قد يبدو اختلاف التضوأ فيها جليا واضحا للعيان.

المخدش :Streak

مخدش المعدن هو لون مسحوقه الناعم وقد يختلف لون مسحوق المعدن كثيرا عن لون الكتلة المعدنية؛ فمثلا تعطي أكاسيد الحديد الثلاث السوداء اللون مخدشا مميزا لكل منها فالهيماتيت الأسود اللون مخدشه أحمر اللون؛ والجوثيت الأسود اللون مخدشه أصفر

والماجنتيت الأسود اللون مخدشه أسود كذلك. ويمكن معرفة لون المخدش بسحق أو بـــرد أو خدش قطعة من المعدن أو بحك قطعة المعدن على سطح صيني غير مصقول تعرف بلوحـــة المخدش Streak Plate ولكن هذه الطريقة الأخيرة لا تنجح مع المعادن ذات الصـــلابة ٧ أو أكثر إذ أن صلابتها تزيد على صلابة الصيني وعلى ذلك فلا ينخدش المعدن عليها.

الصلادة أو الصلابة: Hardness

صلابة المعدن هي خاصية مقاومته للخدش والتفتت؛ وتختلف صلابة المعادن عـــن بعضها كثيرا ولذا كان تعيينها من أهم الصفات المميزة للمعادن.

ويتم تعيين درجة صلابة المعادن بالنسبة لصلابة أحد المعـــادن العشـــرة القياســـية المكونة لمقياس موهس للصلابة Mohs Scale hardness وهذه المعادن العشرة هي كـــالآتي مرتبة ترتيبا تصاعديا حسب درجة صلابتها:

١- التلك Talc وصلابته ١

٢- الجبس Gypsum وصلابته ٢

٣- الكالسيت calcite وصلابته ٣

٤- الفلورايت Florite وصلابته ٤

٥- الأباتيتت Apatite وصلابته ٥

٦- الفلسبار الأرثوكلازي Orthoclase Felspar وصلابته ٦

٧- الكوارتز Quartz وصلابته ٧

٨- التوباز Topaz وصلابته ٨

٩- الكوارندام Corundum وصلابته ٩

١٠- الماس diamond وصلابته ١٠

وتعرف صلابة معدن ما بمحاولة خدشه أولا بالظافر فإذا خدش المعدن كانت صلابته ٢,٥ أو أقل وإن لم يخدشه الظافر نحاول خدشه بمطواة حديدية أو بقطعة من زجاج النافـــذة

فإذا خدش المعدن كانت صلابته ٥,٥ أو أقل وإن لم تخدشه المطواة نجرب خدشه بمبرد من الصلب . وإن لم يخدش كانت صلابته أعلى من ٦ إلى ٧.

فإذا عينت الصلابة التقريبية للمعدن المراد اختيار صلابته بواسطة هذه المحاولات تقاس درجة صلابته الحقيقية باختباره بأحد معادن مقياس موهس الأقرب ما يكون له في درجة الصلابة فإذا خدشه الأباتيت مثلا دل ذلك على أن صلابة المعدن أقل من ٥ وأن هو في الوقت نفسه خدش الفلورايت كانت صلابته أكثر من ٤ فتكون صلابته الحقيقية بين ٤، ٥ أو ٤,٥ تقريبا.

وعند محاولة اختبار صلابة معدن بحكه بمعدن آخر يجب التأكد بعد مسح المسحوق المتكون على سطح المعدن من وجود خدش بهذا السطح؛ فإذا وجد خدش دل ذلك على أن المعدن المراد اختبار صلابته أقل صلابته من المعدن الآخر إذا خدش معدن ما أحد معادن المجموعة القياسية وخدشة في الوقت نفسه هذا المعدن دل ذلك على أن درجة صلابة المعدنين متساوية.

وتستعمل لغرض قياس صلابة المعادن مجموعة من الأقلام تسمى أقلام الصلابة Hardness pencils وهي عبارة عن مواسك Holders مثبت في نهاية كل منها جزء مخروطي الشكل من أحد معادن المجموعة القياسية للصلابة. وتثبت هذه الأقلام أحيانا حول حلقة تعرف بعجلة الصلابة Hardness Wheel .

ويجدر التنويه بأن الصلادة ليست مرادفا لصعوبة كسر المعدن بل أن هناك من المعادن ما هو كبير الصلادة وهو في الحقيقة هشا.

التشقق Cleavage

التشقق هي خاصية بعض المعادن أن تنفصل أو تتشقق عند مستويات معينة تعرف بمستويات التشقق Cleavage Planes توازي مستويات التشقق بعض أوجه البلورة ويجب أن يوصف التشقق أو مستويات التشقق على هذا الأساس.

فالجالينا وملح الطعام مثلا تتشقق في مستويات موازية لأوجه المكعب فيسمى تشققها مكعبي Cubic بينما الفلورايت والماس والكوبريت تتشقق في اتجاهات موازية لأوجه المثمن Octahedron ولذا يسمى تشققها مثمني Octahedral وهكذا.

ويوصف التشقق كذلك بدرجة تمامة وسهولته فيقال إن المعدن كامل التشقق Perfect أو غير كامل imperfect أو واضح التشقق Distinct أو جيد Good أو غير واضح Indistinct أو ضعيف Poor إلخ.

وعند تناول البلورات بدون عناية فإنها تتعرض للكسر وإذا كان سطح الكسر بالبلورة غير منتظم قيل أنها انفصلت أما إذا كان الكسر على طول مستوي له علاقة ببناء البلورة كاحتمال أن يكون موازيا لوجه بلوري قيل أنها انفصمت ويحدث الانفصام بسبب اختلاف قوة الروابط بين الذرات المختلفة أو فيما بين المستويات الذرية حيث يحدث دائما في المستويات التي تكون فيها الذرات مرتبطة برباط ضعيف وينفصم المعدن نتيجة لدقه أو ضغطه في اتجاه معين بواسطة سكين حاد مثلا وخير مثال على ذلك الانفصام في معادن الميكا والجرافيت ويمكن وصف الانفصام تبعا لسهولة حدوثه واكتماله كامل Perfect، واضح أو جيد Good ، غير كامل Imperfect، صعب أو ضعيف Poor.

المكسر Facture

المكسر هو شكل سطح المعدن عندما ينكسر في اتجاهات غير تلك التي يتشقق أو ينفصل فيها فالمعادن التي لا تتشقق أو يكون تشققها ضعيفا يتكون لها أسطح انكسارية بسهولة – وهذا يظهر بوضوح في المواد غير المتبلورة Amorphous Substances التي لا تتشقق فإنها تظهر أسطح انكسارية إذا ما عرضت للخبط وتأخذ الأسطح الانكسارية Facture Surfaces أشكالا مختلفة أهمها :-

١- المكسر المحاري Conchoidal Fracture

حيث يتقوس السطح المنكسر في شكل محاري مثل مكسر الكوارتز.

٢- المكسر المستوي Even fracture

السطح المنكسر منبسط تقريبا مثل التشيرت Chert.

٣- المكسر غير المستوي Uneven fracture

ينكسر المعدن في أسطح غير مستوية خشنة مثل الرودونايت Rhodonite

٤- المكسر المشمط أو المكسر المسنن Hackly fracture

للسطح المنكسر أسنان حادة وهو خشن غير منتظم مثل مكسر النحاس.

٥- المكسر الأرضي Earthy fracture

يأخذ السطح المنكسر مظهراً غير منتظم مثل أسطح المواد الأرضية كالطباشير والكاولين والبوكسيت Bauxite.

التماسك Tenacity

التماسك هو خاصية المعادن عند محاولة كسرها أو قطعها أو شدها أو خبطها بمطرقة أو ليها وأهم أنواع التماسك هي:-

١- القصف Brittle: ينقصف أو ينكسر المعدن أو ينسحق بسهولة ولا يمكن قطعه إلى شرائح مثل الكوارتز.

٢- الممكن قطعه أو تشريحه Sectile: وهي المعادن التي يسهل قطعها إلى شرائح مثل الجبس .

٣- قابل الانطراق Malleable: وهو المعدن الذي يمكن طرقه إلى صفائح رقيقة مثل الذهب والنحاس.

٤- قابل الانسحاب : وهو المعدن الذي يمكن سحبه في أسلاك مثل النحاس والفضة.

٥- قابل الالتواء Flexible: يمكن لي طبقات رقيقة من المعدن من غير أن تنثني أو تنكسر وتظل ملتوية هكذا بعد زوال المؤثر مثل الطلق الصفحي (التلك).

٦- المرونة Elastic : تنثني طبقات رقيقة من المعدن دون أن تنكسر ولكنها ترجع إلى استوائها بعد زوال المؤثر مثل الميكا.

المذاق Taste

تعرف بعض المعادن بمذاقها عندما تذاب في الماء أو في اللعاب ويمكن عندئذ تمييز أنواع المذاق الآتية:

١- ملحي Saline : مثل الهاليت أو الملح العادي.

٢- قلوي Alkaine: مثل البوتاس والصودا.

٣- مرطب Cooling: مثل مذاق نترات الصوديوم أو البوتاسيوم.

٤- قابض Astringent : مثل الشب Alum.

٥- معدني Metalic: مثل البايرايت Pyrite.

الرائحة Odour :-

لبعض المعادن رائحة خاصة مميزة عندما تخبط أو تحك أو تسخن أو يتنفس عليها. وأهم هذه الروائح هي :-

١- رائحة طينية Argillaceous Odour : يمكن شمها عندما يتنفس على سطح الكاولين kaolin مثلا.

٢- قطراني Bituminous : وهو رائحة المعادن المحتوية على مادة قطرانية أو عضوية ويمكن الحصول عليها عندما نطرق العينة بشاكوش مثل الأسفلت.

٣- زنخ Fetid : وهو رائحة البيض الفاسد مثل الحجر القطراني.

٤- تومي Garlic : وهو رائحة الأبخرة المنبعثة من المعادن الزرنيخية عندما تسخن مثل الارسينوبايرايت.

٥- كبريتي Sulfurous : وهو رائحة SO_2 ؛ الذي يخرج عند تسخين الكبريتيدات كالبايرايت Pyrite.

الملمس Feel or Touch

ملمس المعدن هو التأثير الذي نشعر به عندما نلمسه أو نتناوله.

أنواع الملمس المألوفة هي:

١- بارد Cold : وهو ملمس الموصلات الجيدة للحرارة كالمعادن الفلزية للنحاس والفضة وبعض الأحجار الكريمة.

٢- شحمي أو صابوني Greasy or Soapy : مثل التلك.

٣- خشن Harsh : كالطباشير.

٤- ناعم Smooth : سطح أملس من غير نتوءات مثل السيبيولايت Sepiollite .

الثقل النوعي Specific gravity

الثقل النوعي لجسم صلب هو نسبة وزن معين منه في الهواء لوزن حجم مماثل لـــه من الماء ويعبر عنها بالجرام لكل واحد سنتيمتر مكعب. والثقل النوعي صفة من أهم الصفات المميزة للمعادن وهو ثابت طالما أن تركيب المعدن لم يتغير ويختلف الثقل النــوعي اختلافــا واضحا بين كثير من المعادن التي لها صفات طبيعية شديدة الشبه فالسلستايت Celestite وهو كبريتات الأسترونشيوم ثقله النوعي ٣,٩٥ يسهل تميزه من المعدن الشديد الشـــبه بـــه وهـــو البارايت (كبريتات الباريوم) ذو الثقل النوعي ٤,٥.

وتتوقف الكثافة النوعية على عدد من العوامل منها نوعية الذرات في البناء وإلى أي مدى تترابط وتتماسك مع بعضها فكلما كانت الذرات أثقل وأكثر ترابطا وتلاصقا ببعضـــها، عظمت الكثافة وكمثال لذلك كلاً من معدن تريديمايت Tridymite ومعـــدن المـــرو Quartz يتكونان من مادة السيليكا SiO_2 إلا أن الكوارتز الأكثر تماسكا وترابطا بين ذراته لـــه كثافـــة نوعية مقدارها ٣,٦٥ أما معدن تريديمايت ببنائه الأكثر انفتاحا فكثافته النوعية ٢,٢٦.

وقياسا على ذلك فمعدن سيلستاين ومعدن أنجلستاين Anglestine (وهمـــا كبريتـــات الاسترنشيوم والرصاص على التوالي) لهما نفس البناء ولكن ذرات الرصاص الأثقل تكســـب معدن أنجلستاين ثقل نوعي مقداره ٦,٣٢ مقارنة بـــ ٣,٩٧ لمعدن سيلستاين.

يقدر الثقل النوعي بطرق عديدة والأساس المستعمل في معظـــم التقـــديرات هـــو أن النقص في وزن الجسم عندما يغمر في الماء يساوي وزن حجم من الماء مساو لحجم الجسم.

فإذا كان و هـــ = وزن الجسم في الهواء.

وكان و م = وزن الجسم في الماء.

فإن الثقل النوعي = و هـــ / وهـــ - وم

$$\frac{\text{الوزن في الهواء}}{\text{الوزن في الهواء} - \text{الوزن في الماء}}$$

تعيين الثقل النوعي:

١- يوزن الجسم في ميزان كيميائي جيد.

٢- يعلق الجسم بواسطة خيط أو سلك رفيع من أحد ذراعي الميزان ويغمر في ماء موضوع في كأس والكأس مرتكز على كوبري خشبي فوق كفة الميزان.

٣- يعين وزن الجسم وهو في هذا الوضع مغمورا في الماء.

٤- الثقل النوعي هو حاصل قسمة وزن الجسم في الهواء على الفرق بين وزنه في الهواء ووزنه في الماء.

تعيين الوزن النوعي بواسطة الميزان الزنبركي اللولبي

:Spiral Spring Balance

يمكن تعيين الثقل النوعي بواسطة الميزان الزنبركي اللولبي المعروف باسم ميزان جولي Jolly balance.

والميزان يتركب من أنبوبة عمودية ملتصق بها الورنية الداخلية المثبتة والكأس المتحرك المدرج من الناحيتين. يوجد داخل الأنبوبة عمودية المتسعة أنبوبة ثابتة أصغر منها يمكن تحريكها بواسطة الرأس الزنبركي الكبير.

ويربط في الأنبوبة الثانية الورنية المتحركة الخارجية فإذا ما تحركت الأنبوبة الداخلية إلى أعلى تحركت معها الورنية المتحركة الثانية والمقياس المدرج يوجد داخل الأنبوبة الثانية قضيب ذو طول متغير يحمل الزنبرك اللولبي والمؤشر وكفتي الميزان.

يجب عند بدء استعمال الميزان أن يوضع المقياس المدرج والورنيتان والمؤشر على علامة الصفر المرتبطة بالزنبرك اللولبي وأن تغمر كفة الميزان السفلي في الماء.

ويمكن إعداد ذلك بتعديل طول القضيب الذي يحمل الزنبرك اللولبي تعديلا تقريبيا باليد ثم عمل التصحيح اللازم بواسطة الاووظ بيكرومتري يوجد تحت الزنبرك مباشرة.

وتوضع قطعة المعدن في الكفة العليا للميزان ثم تدار الرأس الزنجيرية الكبيرة فترجع ثانية إلى علامة الصفر كل من الأنبوبة الداخلية والمقياس المدرج والورنية الخارجية.

تعين الورنية الداخلية المثبتة عند هـ بذلك الإستطالة التي حدثت في الزنبرك نتيجة لوزن القطعة المعدنية في الهواء.

تزرجن الكفة بعد ذلك بواسطة الألووظ الذي يوجد تحتهـا مباشـرة تنقـل القطعـة المعدنية إلى الكفة السفلى للميزان وتغمر في الماء فتنخفض الأنبوبة المستديرة بواسطة الرأس الزنجيرية الكبيرة حتى يشير المؤشر إلى الصفر.

وتتحرك أثناء هذه العملية الورنية الخارجية على المقياس المـدرج ويعـين مكانهـا الحالي عند النقص في استطالة الزنبرك بعد غمس القطعة المعدنية في الماء. وعلى ذلك فإن القراءتين عند هـ وعند م وهي كل البيانات المطلوب معرفتها لحساب الثقل النوعي.

وفيما يلي سوف نحاول سرد بعض القوانين المهمة التي نحتاجهـا لقيـاس بعـض الخواص المهمة للصخور والمعادن في مجال ترميم وصيانة الآثار:

١- المسامية المؤثرة:

$$\text{Effective Porosity} = \frac{w_2 - w_1}{[w_2 - (w_3 - a)]} \times 100$$

W1 ⟶ وزن العينة وهي جافة

W2 ⟶ وزن العينة وهي مشبعة بالماء

W3 ⟶ وزن العينة وهي مشبعة بالماء ومعلقة في الماء

a ⟶ وزن الخيط المستخدم في عملية التعليق للعينة

٢- قياس المسامية:

$$\text{Porosity} = \frac{B - A}{V} \times 100$$

V ⟶ حجم العينة الصخرية

B ⟶ وزن العينة مشبعة بالماء

A ⟶ وزن العينة الجافة

٣- تعيين امتصاص الماء:

$$\text{Water Absorption} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

A ⟶ وزن العينة الجافة

B ⟶ وزن العينة مشبعة بالماء

٤- حساب الكثافة الكلية :

$$\text{Bulk density} = \frac{W1}{W2-W3}$$

W1 ⟶ وزن العينة الجافة

W2 ⟶ وزن العينة مشبعة بالماء

W3 ⟶ وزن العينة مشبعة بالماء وهي معلقة

ويتم تعيين A و W1 وهو وزن العينة الجافة وذلك بأخذ جزء من العينة الصخرية ووضعها في الفرن عند ١٠٥ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة ثم وزنها ولزيادة التأكد توضع العينة مرة أخرى في الفرن عند درجة ٦٠ لمدة ٨ ساعات ثم يعاد وزنها وبذلك تتأكد من دقة النتائج.

بعد ذلك نضع العينة في الماء لمدة ٢٤ ساعة حتى تتشبع تماما ثم نزنها وبها نعين W_2

ثم نعلق العينة المشبعة بالماء في خيط رفيع معلوم الوزن (a) ونجعلها داخل الميزان الحساس ومغمورة بالماء ثم نزنها في هذه الحالة فنحصل على W3 ثم نعين حجم العينة محل الدراسة بإحدى هذه الطرق إذا كانت مكعبة الشكل فإن حجمها = طول الضلع × نفسه × نفسه

إذا كانت متوازي مستطيلات فإن حجمها = الطول × العرض × الارتفاع.

إذا كانت أسطوانية فإن حجمها = ط نق ٢ ع

ط = ٣,٤ أو $\frac{22}{7}$ ، نق = نصف القطر ، ع = الارتفاع.

وإذا كانت العينة غير منتظمة الشكل فإننا نأتي بأسطوانة مدرجة ونضع فيها حجم معلوم من الماء ثم نضع العينة فيحدث إزاحة،

هذه الإزاحة = حجم العينة الصخرية.

* أنواع البلورات

ويمكن تقسيم البلورات حسب استكمال الأوجه البلورية إلى ثلاثة أقسام :

١- بلورات كاملة الأوجه البلورية Euhedral وذلك حينما تكون كل الأوجه البلورية موجودة.

٢- ناقصة الأوجه البلورية Subhedral وذلك عندما يكون جزء من الأوجه متكون فقط والباقي غير موجود.

٣- عديمة الأوجه البلورية Anhedral وذلك عندما تكون المادة المتبلورة عبارة عن حبيبات لا يحدها أوجه بلورية.

وتشترك هذه الأنواع الثلاثة في أن لها بناء ذرياً داخليا منتظما أو أن المواد المكونة لها توجد مرتبة في نظام هندسي. وعلى هذا الأساس نجد أنه ليس من الضروري بتاتا أن نجد الأوجه البلورية تحد المادة المتبلورة حيث أن تكون الأوجه البلورية مرتبط بالظروف المحيطة بالمادة المتبلورة أثناء عملية التبلور. وعلى ذلك فإننا نسمي كل مادة صلبة ذات بناء ذري وأصل منتظم باسم مادة متبلورة .

نجد أن ترتيب الذرات لأيونات الصوديوم والكلورين في بلورة معدن الهاليت (Nacl) متشابهة مع شكلها الخارجي.

أما بلورة معدن الألماس (كربون) نجد أن طريقة رص ذرات الكربون داخلها تختلف عن بلورة الهاليت وتختلف في شكلها الخارجي ونجد أن عندما ترص ذرات الكربون بصورة أخرى فإنها تنتج لنا بلورة مختلفة تماما عن بلورة الألماس وهي بلورة معدن الجرافيت.

أما إذا كانت المادة ناقصة في بنائها الذري فتوصف بأنها مادة غير متبلورة non crystalline or amorphous ومثال لهذه المعادن الأوبال Opal والكريزوكولا (سليكات النحاس المائية).

مجموعات البلورات Groups Of Crystals

توجد بعض المعادن في الطبيعة في هيئة بلورات مفردة أو وحيدة ولكن الغالبية العظمى من المعادن توجد بلوراتها مجتمعة في هيئة مجموعات قد تكون منظمة في ترتيبها أو غير منظمة.

وتصنف مجموعات البلورات إلى نوعين حسب تركيبها الكيميائي لأفرادها فإذا كانت البلورات ذات تركيب كيميائي واحد فإنها تسمى مجموعات متجانسة أما إذا كانت من بلورات مختلفة التركيب الكيميائي (مختلفة المعادن) فإنها تعرف باسم مجموعة غير متجانسة.

❖ **مجموعة متجانسة (جميع البلورات من مادة واحدة):**

وتتكون من ثلاثة أنواع:

١- مجموعات البلورات المتوازية Parallel growths

تتكون عادة من عدة بلورت – توازي بعضها البعض ومن أمثلتها المجموعات المتوازية لمعدن الكوارتز والكالسيت.

وتوجد البلورات في صورة نتؤات صغيرة متوازية تسمى ذات النتوءات كما في بلورات معدن الفلوريت Flurite.

٢- مجموعات البلورات التوأمية:

تظهر البلورات التوأمية للمادة الواحدة وتظهر متوازية توازيا جزئيا وكل توأم يحتفظ باتجاهات محاوره البلورية الخاصة.

وهناك صفات مختلفة للتوائم فمثلا إذا كانت بلورات التوأم ملتصقة بواسطة مستوى التركيب الذي يبدو سطحاً مستويا فإن التوأم تعرف في هذه الحالة باسم توأم ملتصق Contact Twins ، أما إذا كان سطح الالتصاق سطحا غير مستوي أي تظهر بلورات التوأم متداخلة فإنه يعرف باسم توائم متداخلة Penetration Twins مثل توأم الفلوريت.

ومثال على التوأمة توأم معدن الجبس ومعدن الألبيت.

٣- مجموعات البلورات غير المنتظمة:

وتبدو البلورات في هذه المجموعات غير منتظمة مثل بلورات الكوارتز التي تتواجد في العروق Venis.

❖ مجموعات البلورات غير المتجانسة:

وهذه أيضا تصنف إلى ثلاثة أنواع:

١- مجموعة البلورات النطاقية Zonal growtns

وهذه المجموعة تتوازى أفرادها وفي العادة تحيط البلورات بعضها ببعض أثناء النمو حتى أنها لتبدو في القطاع العرضي كنطاقات أو أحزمة حول بعضها وهناك شرط أساسي يجب توافره بين المعادن المختلفة لتكوين البلورات النطاقية وهي أنه لابد أن تكون البلورات متشابهة البناء Iso structural (لها نفس الترتيب الذري).

فإذا قمنا بتعليق بلورة من الشبه الكرومية Chrome alum (كبريتات الكروميوم والألومنيوم المائية) لونها أخضر داكن في محلول مركز من الشبه البوتاسية Potash alum (كبريتات البوتاسيوم والألومنيوم المائية) ذات اللون الشفاف فإننا نجد أن بلورة الشبه الكرومية قد أحيطت ببلورة شفافة من الشبه البوتاسية.

ومن أمثلتها – معادن البلاجيوكليز ومعادن البيروكسين والأمفيبول .

٢- مجموعات إلبلورات المنتظمة:

ومن هذه المجموعات نجد توازيا جزئيا بين اتجاهات البلورات المختلفة فمثلا قد توجد بلورات معدن الروتيل محاطة ببلورة معدن ميكا ويكون اتجاه المحور (جـ) في الروتيل موازيا لاتجاه المحاور الأفقية في الميكا.

٣- مجموعات البلورات غير المنتظمة:

وهذه المجموعات تضم بلورات معادن مختلفة وذات اتجاهات مختلفة أيضاً وهذا النوع ينتشر بين مجموعات البلورات المكونة لكثير من الصخور.

التجمعات المعدنية Mineral aggregates

غالبية المعادن تتواجد على شكل تجمعات بلورية يندر أن تكون في شـكل بلـورى كامل أو سليم . من هنا اتخذت تلك التجمعات كوسيلة للتعرف على أنواع المعادن المختلفة.

فالمعادن ذات الألياف مثل معادن زيولايت هي خاصية تميز بدقـة مظهريـة هـذه المعادن ومن هنا سميت بالليفيات Fibrcus وقد يحدث أن تنمو البلورات متجمعة إلى الخارج انطلاقا من نقطة مركزية فتظهر بالمظهر الشعاعي تكون الوحدة فيه عقدة أو حلقة والشـكل النهائي يشبه عناقيد العنب وتسمى هذه التجمعات بالعنقوديات . أما إذا كانت تلـك الوحـدات الشعاعية أكبر حجما واستدارة في رقة فإنها تسمى بالحلميات وذلك لشبهها بحلمات الأثداء.

وتتشكل معادن مثل النحاس الخام عادة في شكل يشبه الشـجيرات يسـمى بـالتجمع الشجري. أما إذا تكونت البلورات المتجمعة على شكل صفائح منبسطة تسمى بالصـفائحيات وإذا ما كانت تلك الصفائح رقيقة للغاية وسهلة التورق كصفحات كتاب فإنها تـدعى عندئـذ بالورقيات.

وقد تظهر دائرية A cicular كما في معادن الجبس أو كروية Globular حيث تظهر حبيبات المعدن في شكل كرات صغيرة. أو تظهر بطروخية Oolitic عندما تكون مكونة من حبيبات مستديرة صغيرة تشبه البطارخ (بيض السمك) مثل بعض أنواع الهيماتيت أو تسـمى باسلائية Pisolitic عندما تأخذ شكل حبات البسلة.

وأحيانا تظهر البلورات حبيبية Granular عندما تكون حبات المعدن في شكل حبيبات مستديرة صغيرة أو تظهر كلوية Reniform عندما تكون حبات المعدن كتل مستديرة تشـبه الكلية مثل بعض أنواع الهيماتيت.

وقد تظهر في صورة صلبة bladed عندما تكون الحبيبات مبططة في شكل نصـل السكين مثل معدن الكيانيت.

الخواص الكيميائية البلورية للمعادن:

لاحظنا كيف يتغير الوزن النوعي للمعدن لا على أساس اختلاف التركيب الكيميـائي ولكن على أساس اختلاف ترتيب الذرات داخل بناء البلورة.

وهذا الاختلاف ليس قاصرا على الوزن النوعي فقط ولكنه يمتد إلى جميع الخواص الفيزيائية الأخرى للمواد ذات البناء الذري المختلف أو بمعنى آخر يمكن أن توجـد المـادة الكيميائية الواحدة في أكثر من شكل بلوري واحد وهذه علاقة أخرى بين التركيب الكيميـائي والبناء الذري (الشكل البلوري) للمعادن.

مثل هذه العلاقة الكيميائية البلورية كانت معروفة منذ وقت طويل ولكـن نظرا إلى أهميتها الكبيرة فقد تمت عليها العديد من الدراسـات فـي السـنوات الأخيرة وأصبحت علماً جديداً يعرف باسم الكيمياء البلورية Crystal Chemistry.

البناء الذري للمعادن:

ونقصد بالبناء الذري للمعادن ثلاث محاور رئيسية كما يلي:

١- ترتيب ذرات وحدة بناء المادة هندسيا في الفراغ.

٢- درجة التقارب بين هذه الوحدات وطريقة رصها في المادة.

٣- نوع القوى الكهربائية التي تربط بين هذه الوحدات البنائية (الروابط الكيميائية) .

بالطبع يتوقف كثيراً من خواص المعدن على شدة وقوة الروابط الكيميائيـة (القـوى الكهربائية) التي تربط ذرات المادة بعضها إلى بعض وهناك أربعة أنواع رئيسية من الروابط الكيميائية هي :-

١- الرابطة الأيونية Ionic bond

وهي الرابطة التي تربط بين الذرات أو الأيونات ذات الشحنات الكهربائية المختلفـة **في البلورة ولذلك تعرف باسم الرابطة الكهروستاتيكية Electrovalent bond ومـن أمثلتهـا الرابطة التي تربط بين أيون الكلورين وأيون الصوديوم في بلورة كلوريد الصوديوم.**

والبلورات ذات الرابطة الأيونية لها صلادة متوسطة، وزنها النوعي متوسـط أمـا درجة الانصهار والغليان فهما عاليتين ونجد أن هذه البلورات موصلة رديئة جـداً للكهربـاء والحرارة.

٢- الرابطة المشتركة Covalent bond

وهي رابطة الالكترونات المشتركة (أقوى أنواع الروابط) وتميز المعادن ذات الرابطة المشتركة بأنها غير قابلة للذوبان بصفة عامة ومستقرة وذات درجة انصهار وغليان عاليتين جدا وهي مواد رديئة التوصيل للكهرباء. ومن أمثلة ذلك ذرات السليكون التي لها أربعة فراغات في مساراتها الخارجية تملؤها بإلكترونات مشتركة مع أربعة ذرات أكسجين، وتكون مجموعة SIO_4 مرتبطة بروابط مشتركة قوية في هيئة رباعي الأوجه Tetrahedron حيث تتواجد ذرات الأكسجين الأربعة عند أركان هذا الشكل الرباعي.

٣- الروابط الفلزية Metallic bond

وهي رابطة تربط بين ذرات الفلزات ويرجع إلى هذه الرابطة جميع الخواص المميزة للفلزات مثل قابلية الطرق والسحب وسهولة التشكيل والتوصيل الجيد للكهرباء والحرارة وانخفاض درجة الانصهار والغليان.

٤- رابطة فان درفال Van der waal force

وهي رابطة ضعيفة تربط الجزيئات المتعادلة بعضها ببعض وغالباً ما تحتوي البلورات المعدنية أكثر من نوع واحد من الروابط الكيميائية مثلا في الجرافيت ترتبط الذرات ببعضها في صفائح بواسطة الرابطة المشتركة (القوية) بينما يحدث انفصام في المستويات التي ترتبط برابطة فان درفال (الضعيفة).

في الميكا ترتبط الذرات في الصفائح بواسطة الرابطة المشتركة القوية وترتبط الصفائح ببعضها البعض بواسطة الرابطة الأيونية الضعيفة.

التشابه الشكل Isomorphism

إنه قد توجد مادتان لهما تركيبان كيميائيان مختلفين وشكلان بلوريان متماثلين تقريبا، مثل هذه العلاقة بين المواد المختلفة في التركيب الكيميائي والمتشابهة في الشكل البلوري تعرف باسم التشابه الشكلي والمواد المرتبطة بهذه العلاقة تسمى مواد متشابهة الأشكال Isomorphous substances.

ومثل هذه المواد المتشابهة الأشكال تتشابه بشكل ملحوظ في خواصها الفيزيائية والبلورية وللتفرقة بين بلورات المعادن المتشابهة الأشكال يستخدم حيود الأشعة السينية

لتوضيح هذه العلاقات البلوري الكيميائية ويفيد أيضا التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء في دراسة هذه العلاقة.

وأمثلة على ذلك معادن الفلسبار البلاجيوكليزية ومعادن الأولفين حيث يتشابه المعدنين النهائيين الفورستريت Forsterite Mg_2SIO_4 ومعدن الفياليت Fayalite Fe_2SIO_4 في خواصهما المختلفة وتتداخل بلوراتهما معا ويحل الحديد محل المغنسيوم بكل حرية وبأية نسبة في بنائهما الذري المتشابه.

❖ التعدد الشكلي Polymorphisms

هي تواجد أكثر من مادة لها نفس التركيب الكيمائي ولكنها تختلف في بنائها الذري وشكلها البلوري مثال على ذلك ، الألماس والجرافيت فهما معدنين لهما نفس التركيب الكيميائي (الكربون) ولا يمكن التفرقة بينهما بأي وسيلة كيميائية. ولكنهما يختلفان عن بعضهما البعض في الخواص الفيزيائية مثل الصلادة والوزن النوعي .... إلخ.

وأيضا نجد أن كربونات الكالسيوم تعطي بلورات معينية الأوجه Rhombohedral (معدن الكالسيت) في ظروف خاصة وتحت ظروف أخرى تعطي بلورات معينية قائمة Orthorhombic (معدن الأراجونيت) وكلا المعدنين لهما خواص فيزيائية مختلفة عن خواص المعدن الآخر.

❖ الخداع الشكلي Pseudomorphism

في البلورة الخادعة يتبع تركيبها الكيميائي وبنائها الذري معدن واحد بينما يتبع شكلها الخارجي معدنا آخر.

أي أنه يحدث تعديل في بلورة ما ويتغير بناؤها الذري الداخلي دون أن يطرأ تغيير على الشكل الخارجي يقال أن البلورة في هذه الحالة شكل خادع أو كاذب False form.

فمعدن البيريت (Fes_2) قد يتغير ليعطي معدن الجوتيت (Hfeo2) الذي يحتفظ بالشكل المكعبي الخارجي المميز لمعدن البيريت وتعرف هذه البلورة بأنها شكل خادع أو كاذب لمعدن الجوتيت الناتج من البيريت .

المعادن غير المتبلورة Non Crystalline Minerals

يوجد عدد قليل من المعادن غير متبلورة ويمكننا تصنيف هذه المعادن الغير متبلورة إلى نوعين رئيسيين:-

١- معادن محطمة Metamict

وهي معادن كانت في الأصل متبلورة ثم تحطم بناؤها الذري فيما بعد ولها خـــواص فيزيائية تدل على أنها عديمة التبلور. ويمكن أن تستعيد هذه المعادن بناؤها الذري وتبلورهـــا بالتسخين مع انبعاث حرارة كثيرة وتوهج في مادة المعدن وينتج عن استعادة التبلور ازديـــاد في الوزن النوعي للمعدن.

ويعزى تكون هذه المعادن المحطمة إلى انهيار بنائها الـــذري نتيجـــة لاصـــطدامها بجسيمات ألفا المنبعثة من النشاطات الإشعاعية مثل معادن الزركون Zircon والتوريت.

٢- معادن عديمة الشكل Amorphous

وهي معادن نمت وتكونت بدون بناء ذري إما نتيجة لسرعة التبريـــد مـــن حالتهـــا المنصهرة أو نتيجة للتجمد البطئ لمادة هلامية. وتضم الزجاج حيث أن الزجاج يتكون مـــن صهير برد بسرعة وهناك معادن تتكون نتيجة لتجمد المحاليل الفردية للســـليكا مثـــل معـــدن الأوبال Opal.

نشأة المعادن:

بالطبع نحن نسأل دائما أنفسنا كيف تكونت المعادن في الطبيعة وتحت أي ظروف تم تكوينها؟

يمكن إرجاع نشأة المعادن وتكوينها في الطبيعة إلى أربعة أصول :-

١- التكوين من المصهورات (الماجما) Magma أو اللافا Lava

تنتج غالبية معادن القشرة الأرضية من تصلب المصهورات الصخرية ونعني بكلمـــة مجما Magma هي السائل الصخري ذو درجة الحرارة العاليـــة الموجـــودة أســـفل القشـــرة الأرضية على أعماق كبيرة ذات درجات حرارة عالية وضغوط مرتفعة.

أما كلمة لافا Lava أو لابه أو حمم فنعني بها السائل الصخري الذي يظهر على سطح الأرض.

وقد وجد أن مجموعة العناصر التالية (الأكسجين، السليكون، الألومنيوم، الحديد، المغنسيوم، الكالسيوم، الصوديوم والبوتاسوم) تمثل حوالي ٩٩% من مجموعة العناصر الموجودة في المجما وتوجد هذه العناصر الثمانية بنسب مختلفة في المحاليل الصخرية المصهورة المختلفة وتحتوي الماجما أيضا على كميات صغيرة من بعض المواد المتطايرة Volatile أو المواد الممعدنة ذائبة فيها مثل بخار الماء وغاز الكلور والفلور والكبريت وثاني أكسيد الكربون .... إلخ.

ولا تدخل هذه المواد أو المكونات بكميات كبيرة في التركيب الكيميائي للمعادن التي تبلورت من المجما في المراحل الأولى ونتيجة لذلك فإنها تتجمع وتتركز في السائل المتبقي من المجما. ولما كان بخار الماء هو أكثر هذه المواد وجوداً فإن السائل المتبقي من المجما يتكون أساسا من محلول مائي و درجة حرارة عالية تعرف باسم المحاليل المائية الحارة Hydrothermal Solutions أو المحاليل المجمائية Magmatic Solutions.

٢- تكوين المعادن من المحاليل

تكونت العديد من المعادن نتيجة لتبلورها من المحاليل مثل معدن الكالسيت ومعدن الهاليت ويوجد مصدرين مختلفين للمحاليل المائية كما يلي:-

١- مياه الأمطار والأنهار (المياه السطحية):

وهذه المياه تتخلل بين الشروخ والفواصل في الصخور لتكون المياه الأرضية Ground Waters

٢- المياه المجمائية:

وهي عبارة عن المحاليل المتبقية من المجما وتعرف باسم المحاليل المائية الحارة وتتبلور المعادن من هذه المحاليل بإحدى الطرق التالية:

أ- تبخر السائل المذيب:

تحتوي مياه البحار والمحيطات على أملاح متعددة مذابة فيها وكنتيجة مباشرة لعملية التبخير فإن المعادن بها تتركز ثم يحدث لها ترسيب. ومن أمثلة هذه المعادن كلوريد الصوديوم ، كبريتات الماغنسيوم وكبريتات الكالسيوم.

ب- الترسيب من المياه الأرضية:

تحتوي المياه الأرضية في القشرة الأرضية على كميات لا بأس بها من غاز ثاني أكسيد الكربون مذابا فيها وتتحول هذه المياه إلى حامض الكربونيك (حامض ضعيف) والذي يتفاعل مع الصخور الجيرية ويذيبها وذلك لتكون بيكربونات الكالسيوم القابلة للذوبان في الماء ولأن بيكربونات الكالسيوم مادة غير مستقرة فإنها تفقد ما بها من ثاني أكسيد الكربون المذاب بها لتكون الكربونات المستقرة التي لا تذوب في الماء وترسب في الحال كمعدن الكالسيت كما يلي:-

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + Co_2 + H_2o$$

وترسب المياه الأرضية في المناطق الرطبة كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم وتحدث فراغات تعرف باسم الكهوف وعندما تتبخر المياه من هذه الكهوف يترسب معدن الكالسيت في صورة أعمدة مخروطية تتدلى من سقف الكهف يعرف باسم استلاكيت Stalactite وينمو بعضها عموديا على أرضية الكهف وتعرف باسم استلاجميت Stalagmite وهناك بعض الينابيع تخرج منها مياه مذابا فيها ثاني أكسيد الكربون وبيكربونات الكالسيوم ونتيجة لعملية التبخر تفقد CO_2 وتترسب الكربونات في صورة مسحوق أبيض في هيئة كتل متماسك حول الينبوع تعرف باسم ترافرتين .

ج- انخفاض درجة حرارة المحاليل:

تتكون المحاليل المجمائية في ظروف من درجات الحرارة والضغوط العالية وتحتوي على كميات كبيرة من المواد المذابة مثل الأكاسيد والكبريتيدات والكربونات وعندما تبرد هذه المحاليل ويقل ضغطها تترسب منها المعادن المختلفة، والتي تعرف بالمعادن المائية الحارة. ولقد قسمت الرواسب المعدنية المائية الحارة إلى ثلاث أنواع كما يلي:-

١- رواسب عالية الحرارة Hypothermal deposits:

وهي رواسب تكونت من محاليل ذات درجات حرارة عالية (٥٠٠ - ٣٠٠°م) وتحت ضغط كبير ومن أمثلتها معادن الولفراميت Wolframite (تنجستات الحديد والمنجنيز) والجارنت والتوباز والأباتيت.

٢- رواسب متوسطة الحرارة Meso thermal deposits

وهي رواسب تكونت من محاليل ذات درجات حرارة متوسطة (٣٠٠ - ٢٠٠°م) وتحت ضغوط متوسطة مثل معادن الكالسيت والباريت والجالينا.

٣- رواسب منخفضة الحرارة Epithermal deposits

وهي رواسب تكونت من محاليل ذات درجات حرارة منخفضة (٢٠٠ - ٥٠°م) وتحت ضغوط منخفضة ومن أمثلتها معادن الفلوريت والأوبال والكوارتز.

٤- تأثير الكائنات الحية على المحاليل:

تستخلص بعض الكائنات الحية البحرية مثل المرجان والمحاريات كربونات الكالسيوم من مياه البحار التي تعيش فها وتفرزها في صورة أصداف وأجزاء صلبة ضمن أجسامها حيث تترسب كربونات الكالسيوم في هذه الأجزاء في صورة معدن الكالسيت أو الأرجوانيت.

وهناك بعض أنواع البكتريا تمتص أكاسيد الحديد والكبريت فإذا ماتت هذه البكتريا وتجمعت كونت رواسب معدنية تحتوي على الحديد والكبريت.

٣- تكوين المعادن من المواد الصلبة بواسطة التحول:

تتغير المعادن المكونة للصخور وكذلك بناؤها وخواصها تغيراً كاملا إذا أثرت عليها كل من درجات الحرارة والضغط والتفاعلات الكيميائية للمحاليل وتعرف هذه التغيرات التي تطرأ على المعادن باسم التحول Metamorphism وهذا ما يحدث عندما تتحول الصخور الرسوبية والنارية إلى الصخور المتحولة. ومن أمثلة هذه المعادن الجرافيت (ينتج من تبلور الكربون الموجود في الصخر المتحول).

وجود المعادن في الطبيعة Occurrence Of Minerals

تتكون كل الصخور في الغالب من المعادن إلا أن بعض المعادن تميل لأن تتكون في شقوق الصخور وفجواتها حيث لا عائق يقف أمام نمو بلوراتها . وعندما تمتلئ الشقوق والفواصل والشروخ في القشرة الأرضية بالمواد المعدنية وتظهر في الطبيعة في صورة عروق Venis وتختلف هذه العروق من حيث اتساعها وأنواع معادنها من مكان إلى آخر.

وقد يظل العرق محتفظا باتساعه وتخانته لمسافات طويلة جانبيا أو رأسيا وقد يتغير هذا الاتساع من مكان إلى آخر فيبدو منكمشا في بعض الأجزاء ومنتفخا في أجزاء أخرى. وقد تتواجد المعادن مرتبة في العروق في صورة صفوف أو طبقات ويعرف العرق في هذه الحالة باسم عرق مصفف Banded Vein .

وتحتوي العروق على نوعين من المعادن : معادن ذات قيمة اقتصادية ويطلق عليها اسم معادن الخامات Ore minerals مثل معادن الجالينا والذهب ، أما المعادن عديمة الأهمية في تكوين العرق (ليس لها فائدة اقتصادية) تعرف باسم المعادن الأرضية فمثلا عند استغلال الذهب من أحد عروق الكوارتز الحاملة له يعتبر الكوارتز معدن أرضي.

ويتم تقسيم العروق تبعا لتكونها من المحاليل المائية الحارة إلى ثلاث أنواع كما يلي:-

١- **عروق عالية الحرارة Hypothermal Veins (٣٠٠ -٥٠٠°م)**

معادنها ترسب عند درجة حرارة وضغط عالٍ مثل الذهب والكاسيتريت.

٢- **عروق متوسطة الحرارة Meso thermal veins (٢٠٠ - ٣٠٠°م)** معادنها ترسب عند درجة حرارة وضغط متوسط مثل معادن الجالينا والكوارتز والبيريت.

٣- **عروق منخفضة درجة الحرارة Epithermal veins (٢٠٠ - ٥٠°م)** وتحتوي على معادن الكالسيت والفلوريت والذهب والكوارتز وقد تتواجد بعض المعادن في الطبيعة كنتيجة لإحلال محاليلها محل معادن أخرى وذلك بإذابة المعادن الأصلية وترسيب المعادن الجديدة محلها في نفس الوقت ويظهر في هذه الحالة المعادن الاحلالية Replacement Minerals بمظهر المعدن القديم أي تأخذ شكله وتوجد في الطبيعة في صورة أشكال كاذبة. وقد توجد المعادن مالئة لفراغات تشبه الكرات الصغيرة حيث

تبطن الكرات الصخرية من الداخل وتعرف هذه الكرات الصغيرة المبطنة بالمعادن باسم الجيود Geodes.

وبالنسبة لمكان وجود المعدن في الطبيعة فقد توجد المعـــادن فـــي نفـــس المكان الذي تكونت فيه وتعرف في هذه الحالة باسم معادن أصلية Primary Minerals وهذه المعادن لم تنتقل من مكان نشأتها. أما إذا انتقل المعدن من مكانه الأصلي إلى مكان جديد لـــم ينشأ فيه بفعل الرياح أو الأنهار يعرف باسم معدن ثانوي أو منقول Secondary Minerals.

فيقال مثلا أن الذهب الذي يتواجد في عروق الكوارتز معدن أصلي أما إذا استخلص الذهب من الرمال والحصى المتجمعة في نهر أو بحيرة فيقال أن الذهب يتواجد في تجمعـــات منقولة. وهكذا حال معظم تواجد المعادن في الطبيعة فإما أن توجد هذه المعادن في عـــروق (مواضعها الأصلية) أو في رواسب التجمعات (منقولة).

وقد تتواجد المعادن في صورة فقاعات Vesicles. وهي تعتبر فجوات أو كهـــوف مستديرة الشكل وتتكون من أنطلاق الفقاعات الغازية من داخل الصهير ويوجد معادن مثـــل معدن العقيق والزيولايت كنماذج من بين معادن أخرى كثيرة شائعة فـــي فجـــوات صـــخور البازلت.

وصف المعادن الشائعة

بعد الانتهاء من دراسة المعلومات الأساسية عن المعادن خواصها البلورية والفيزيائية ونشأتها وتكوينها والحالات المختلفة التي توجد عليها في الطبيعة.

وفي هذا الكتاب سيتم وصف المجاميع المعدنية بالترتيب التالي:

- العناصر الأصلية أو الطبيعية (الفطرية) Native elements .
- الكبريتيدات Sulfides.
- الأكاسيد والأيدروكسيدات Oxides and hydrated Oxides.
- الهاليدات Haloids.
- الكربونات والنترات والبورات Carbonates, Nitrates and Borates.

- الكبريتات – الكرومات – الموليبدات – التنجستات

.Sulphates, Chromates, Molybdates and Tungstates

- الفوسفات Phosphates.

- السيليكات Silicates

أولاً – العناصر الأصلية أو العناصر الطبيعية Native elements:

١- الذهب Gold (Au):

التبلور : فصيلة المكعب – التشقق: غير موجود – الصلابة : ٢,٥-٣

الثقل النوعي : ١٥,٦ – ١٩,٣ – البريق : معدني – اللون: ذهبي – إلى أصفر – خفيف حسب كمية الفضة الموجودة.

وجوده: يوجد في مكانه أو كراسب سطحي Placer

أما الذهب الموجود في مكانه In situ فينتشر بين عروق الكوارتز والكبريتورات المصاحبة وأخصها البايرايت.

والذهب الذي يوجد كراسب سطحي Placer ينتج من تفتت صخور كانت تحوي ذهباً في مكانه in situ ونظراً لثقله النوعي الكبير يتركز في قاع المجاري المائية حيث يكثر عند المنحنيات التي تخف فيها شدة التيار.

وجوده في مصر:

يوجد الذهب بكميات قليلة في عروق الكوارتز في صخور البريكامبري عند أماكن كثيرة في الصحراء الشرقية منها فاتيري- أو روس – برامية – سكرى – تمود – أم عليجة – الفواخير أبو حاد – أم طيور .. إلخ إلخ.

منافعه: يستعمل أساسا في صناعة العملة والحلي وكذلك في الأجهزة العلمية والكهربية والتصوير وصناعة الأسنان وطلاء المعادن.

٢- بلاتين Platinum (Pt):

التبلور : فصيلة المكعب – المكسر مسنن – البريق معدني – الصلابة: ٤-٥، الثقل النوعي ١٤-١٩ – اللون : فضي، رمادي أو أسود .

وجوده: يوجد البلاتين كراسب سطحي Placer مصحوبا بالذهب والزيركون والماجنتايت والكروميت – وأهم البلاد المصدرة له هي كندا والولايات المتحدة وروسيا. كما يوجد البلاتين كذلك في عروق مصحوبا بالكروميت ومنتشرا في صخور البيريدوتابت Peridotite.

فوائده: يستعمل بكثرة كوسيط كيميائي في صناعة حامض الكبريتيك والخليك والنيتريك وفي الأجهزة الطبيعية والكهربائية علاوة على استعماله في الحلي وصناعة الأسنان والساعات وأدوات الجراحة.

٣- النحاس Copper (CU):

التبلور : فصيلة المكعب – المكسر : مسنن – الصلابة : ٢,٥-٣، الثقل النوعي: ٨,٥-٩ البريق : معدني– اللون : نحاسي أصفر على السطح الجديد وقد يتحول اللون إلى أسود أو أحمر على السطح لتكون أكسيد النحاس أو أخضر لتكون الأيدروكسيد أو أزرق لتكون الكربونات – المخدش أحمر نحاسي معدني لامع.

وجوده: النحاس الأصلي يوجد في حالة نقية تقريباً وقد يحتوي كميات على قليلة من الفضة أو الزرنيخ.

أهم مكان يوجد فيه النحاس الأصلي هو الولايات المتحدة الأمريكية بالقرب من ميشيجان حيث ينتشر في حبيبات صغيرة أو قشور أو عروق في البازلت أو كونجلوميرات من الكوارتز البورفيري أو في الحجر الرملي .. إلخ.

يوجد النحاس الأصلي بكميات أصغر مصاحبا المعادن النحاسية مثل مالاكيت – أزورايت – كوبرايت – كالكوبايرايت – كالكوسايت.

منافعه : النحاس موصل ممتاز للحرارة والكهربائية ويستعمل النحاس الفلزي بكثرة في التجارة والصناعة في أكثر من ٦٠٠ صناعة مثل صناعة السلك النحاسي – المسامير والألواح – البرونز – الأدوات الكهربائية ، وأجهزة الراديو والذخائر للحرب وللعملات ولعمل الكيماويات ... إلخ.

٤- الكبريت **Sulfur (S)**:

التبلور: فصيلة المعين – التشقق : غير واضح – المكسر: محاري إلى غير مستوي الصلابة: ١,٥ – ٢,٥ – الثقل النوعي : ١,٢ – ٢ – البريق : صمغي ماسي عند البلورات – اللون : كبريتي أصفر أو أحمر أو أخضر لوجود الشوائب – المخدش: أبيض – أصفر.

وجوده: توجد أهم رواسبه مع الصخور الرسوبية نتيجة لاختزال معادن الكبريتات وخاصة الجبس – يوجد خاصة مع السلتايت Celestite والجبس والأرجونايت والكالسيت.

يوجد الكبريت كذلك نتيجة تحلل البيرايت ومعادن الكبريتورات.

الكبريت في مصر : يوجد في شكل عدسات أو طبقات حالة محل طبقات الجبس في العصر الميوسيني عند حمسا ورانجا على ساحل البحر الأحمر.

فوائده: مهم في صناعة حامض الكبريتيك - عيدان الثقاب – البارود – السماد – المطاط – مبيدات الفطريات – الأدوية – الأسمنت – عازل كهربائي وحراري – مبيض للحرير والمواد الصوفية.

٥- الماس **Diamond (C)**:

التبلور: فصيلة المكعب – التشقق : كامل مواز لوجه المثمن Perfect Octahedral

الصلابة : ١٠ – الثقل النوعي : ٣,١٥ – ٣,٥٣ – البريق : ماسي – اللون: عادة بلا لون أو أصفر ضعيف – أحمر – أخضر – أزرق – ونادراً أسود.

وجوده: تنتج جنوب أفريقيا الآن أكثر من ٩٥% من إنتاج العالم من الماس حيث وجد الماس أولا في رمال وحصى المجاري المائية – ولكنه اكتشفت بعد ذلك كراسب أولي Primary deposit في الهضاب.

فوائده: يستعمل في الحلي وفي الصناعة لعمل أجهزة القطع والحفر Drilling hits.

٦- الجرافيت **Graphite (C)**:

التبلور: فصيلة السداسي – التشقق: كامل قاعدي Perfect basal – الصلابة: ١-٢ – الثقل النوعي: ١,٩ – ٢,٣ – اللون: أسود حديدي - رمادي غامق – المخدش : اسود لامع – البريق: معدني لامع أرضي أو معتم.

وجوده: يوجد الجرافيت في كتل كبيرة وكذلك في السدود والعــروق فــي النــايس الجرافيتي – الشيست الميكائي والحجر الجيري المتبلور ويعزى تكوينه في بعض الأحيان إلى تحول المادة الكربونية.

يصاحب الجرافيت الكالسيت والأورثوكليز – الكوارتز – الجارنيت.

أهم مصادره هي : سيلان – مدغشقر – كوريا – المكسيك – النمسـا * الولايـات المتحدة.

فوائده : يستعمل بكثرة في صناعة البواتق – ولتلميع الأفران – أقلام الرصاص – البويات – التشحيم والالكترود.

ثانياً : الكبريتيدات:

٧- جالينا Galena (Pbs) :

الشكل البلوري: فصيلة المكعب – التشقق : كامل مكعبي – الصلابة: ٢,٥ – الثقـل النوعي : ٧,٣ – ٧,٦ – البريق: معدني على أوجه التشقق ومعتم في الاتجاهات الأخـرى – اللون: رصاصي – المخدش: رمادي مسود.

وجوده:

توجد الجالينا في عروق الصخور المتبلورة مصحوبة بالسفاليرايت،والكالكوسايت – بيرايت – كوارتز – كالسيت – خامات الفضة – فلورايت – بارايت.

وجوده في مصر:

توجد رواسب الرصاص والزنك في أشكال عدسية بين الطبقات السـفلية للميوسـين المتواجد على ساحل البحر الأحمر بين القصير وبيرينيس – وتوجد كميات كبير مـن الخـام عند أم غيج وكميات كبيرة عند زج البحار – عنز – جبل رصاص .... إلخ.

وتوجد جالينا بكميات صغيرة في سدود البيجماتيت Pegmatite dykes عند أسوان وفي الجرانيت عند وادي شلال في غرب سينا.

قيمته الصناعية : الجالينا هي أهم مصدر لفلز الرصاص كما أنها أحد خامات الفضة الهامة. ويستعمل الرصاص بكثرة في صناعة البويات – البطاريات – اللحام .. إلخ.

٨- سفاليرايت Sphalerite (Zns):

الشكل البلوري: فصيلة المكعب – التشقق : كامل مواز لأوجـه ذو الاثنـى عشـر المعين Rhombic dodecahedron cleavage.

الثقل النوعي: ٣,٩ – ٤,٢ – اللون : شديد التغير فهو أبيض عندما يكون نقيا ولكنه عادة أصفر – أسود أو اخضر – المخدش: أبيض مصفر أو بني – الصلابة : ٣,٥-٤.

وجوده: يوجد بكثرة في الحجر الجيري الدولوميتي Dolomiti limestone كذلك مع بعض الصخور المتبلورة مصاحبا الجالينا، كالكوبايرايـت، بايرايـت، باريـت، فلورايـت، سيديرايت والكوارتز.

وجوده في مصر:

يوجد في السفاليرايت في مصر في منطقة سميوكي وعطشان بالصـحراء الشـرقية مصاحبا كبريتورات النحاس والحديد.

قيمته الصناعية: سفاليرايت هو أهم مصادر الزنك الذي يستعمل في طـلاء الحديـد وفي صناعة النحاس الأصفر Brass وأسلاك الزنك وصفائح الزنك والبطاريات الجافة، كمـا تستعمل مركبات الزنك المختلفة في الكيمياء والطب.

٩- كالكوبايرايت Chalcopyrite ($Cu\ Fe\ S_2$) :

التبلور: فصيلة الرباعي – الصلابة : ٣,٥ -٤ – المكسر: غيـر مسـنن – الثقـل النوعي: ٤,١ – ٤,٣ – اللون: برونزي إلى ذهبي اللون ولكنه يعتم فيصبح أزرق بنفسـجي أو أسود – المخدش: أسود مخضر.

وجوده: أكثر معادن النحاس وجوداً في الطبيعة ويحتوي أحياناً على كميات صـغيرة من الذهب والفضة والزرنيخ ... إلخ.

يوجد مصاحبا البايرايت والسـفاليرايت – الجالينـا – المالاكايـت – ازورايـت – كالكوسايت – كوارتز – كالسايت ... إلخ.

وجوده في مصر : يوجد مع عروق الكوارتز الحاملة للذهب بكميات ضـئيلة ومـع البيروهوتايت في منجم أبو سيال ومع السفاليرايت في مناجم سميوكي وعطشان .... إلخ.

قيمته الصناعية : خام هام للنحاس.

١٠-بايرايت Pyrite (FeS_2):

التبلور : فصيلة المكعب – المكسر : غير مستو – الصـلابة : ٦ – ٦,٥ – الثقـل النوعي: ٥ – ٥,٢ – البريق : معدني – اللون : أصفر إلى ذهبي – المخدش: أسود مخضر – أسود بني.

وجوده: البايرايت هو أكثر معادن الكبريتورات شيوعا ويوجد في صخور من جميع العصور مصاحبا الجالينا والكالكوبايرايت – سفاليرايت – كالسايت – سيديرايت – هيماتيـت – ماجنتايت ويوجد عادة مع الكوارتز الحامل للذهب.

وجوده في مصر : يوجد البايرايت بكثرة في الجرانيت الأحمر عند جبل أبو حربـة على جانبي عروق المولبدنايت Molybdenite veins

قيمته الصناعية : يستعمل أساساً كمصدر هام لثاني أكسيد الكبريـت فـي صـناعة حامض الكبريتيك علاوة على أنه خام يحتوي على بعض الذهب.

١١-موليبدنايت Molybdenite (MoS_2):

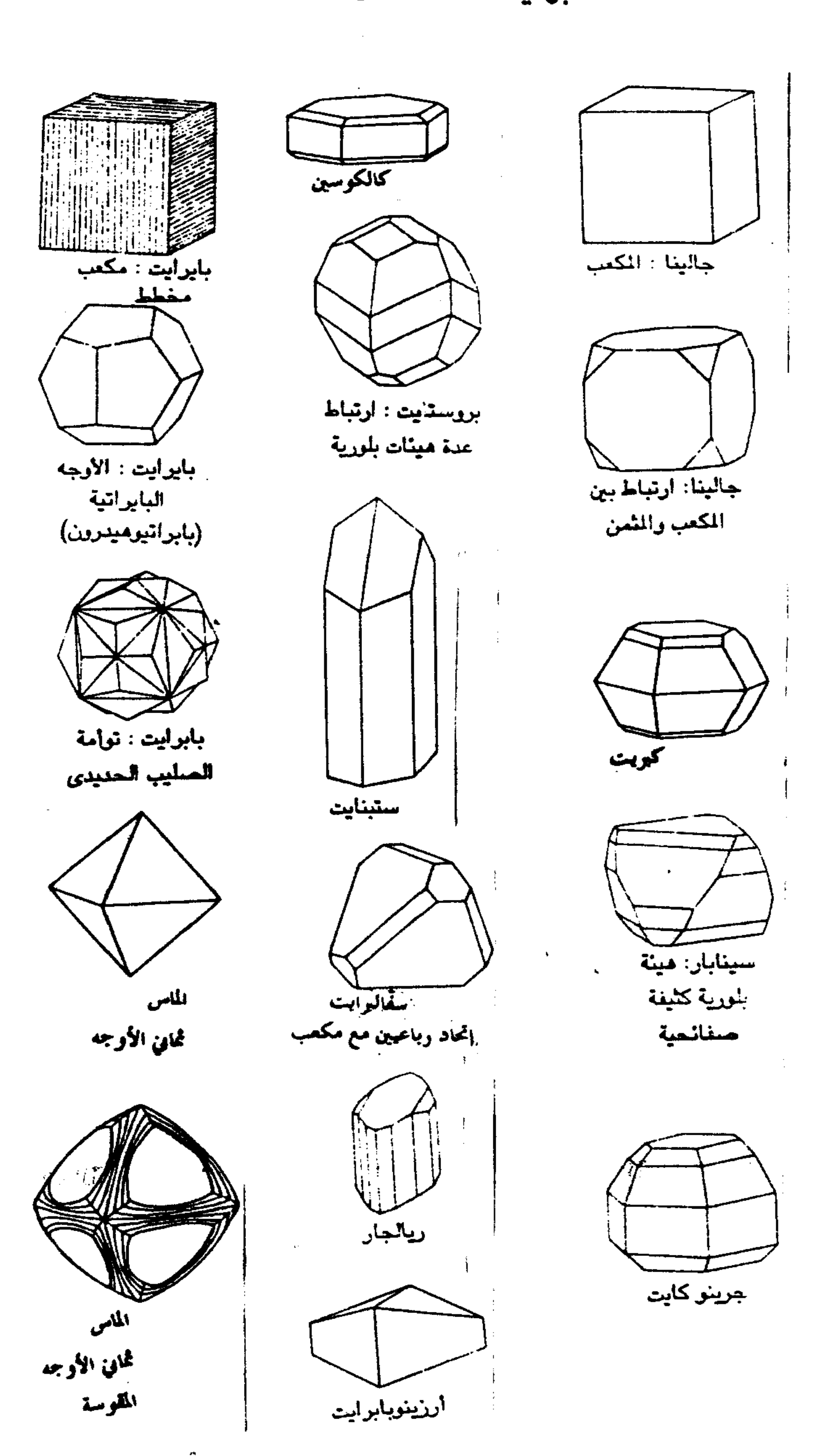
التبلور : فصيلة السداسي – التشقق : قاعدي ممتاز – اللون : رمـادي – أزرق – الصلابة : ١-١,٥ – الثقل النوعي : ٤,٧٥– المخدش : أخضر – الملمس : شحمي.

وجوده: يوجد في الصخور الجرانيتية والسيانيت – بيجماتيـت – ابلايـت خاصـة المحتوية على خام القصدير (كاسيتيرايت) وكذلك الزلقزامايت – الفلورايت والكالكوبايرايت.

وجوده في مصر : يوجد في عروق الكوارتز القاطعـة للجرانيـت الأحمـر فـي الصحراء الشرقية عند جطار – جبل أم حربة – وادي ديب – أبو مروة – جبل أم ديـزي وجبل الدب.

قيمته الصناعية : أهم مصدر للموليبدنايت ومركباته – يستعمل في صناعة الصـلب وآلات السرعة الكبيرة High sped tools.

الكبرتيدات - Suphides



ثالثاً : الأكاسيد – والأيدروكسيدات Oxides and Hydrated oxides:

١٢-كوارتز Quartz (SiO_2):

التبلور: فصيلة السداسي – التشقق : معيني غير واضح – المكسر: محاري – الصلابة : ٧ – الثقل النوعي: ٢,٦٥ – البريق : زجاجي – اللون: لا لون له أو أبيض – أخضر – أصفر – أحمر – أزرق – بني – أسود – ... إلخ تختفي كثير من الألوان عند التسخين – المخدش : أبيض.

للكوارتز أنواع عديدة منها التبلور – مستتر التبلور Cryptocrystalline والرسوبي Clastic.

الكوارتز المتبلور : الكوارتز الصخري Rock Crystal لا لون له – اميثيست Amethyst لونه يختلف من أرجواني إلى بنفسجي – الكوارتز الوردي Rose quartz وردي أو أحمر اللون ويضعف لونه بتعرضه للضوء – الكوارتز المدخن Smoky quartz لونه أصفر أو بني غامق – الكوارتز اللبني Milky quartz لونه أبيض لبني – سيترا ين Citrine لونه أصفر أو أصفر بني أو أحمر بني – الكوارتزFerruginous quartz لونه بني أو أحمر لوجود الليمونايت أو الهيماتيت – عين النمر Tigers eye – لونه بني – عين الهر Cats eye رماذي أو بني.

أنواع الكوارتز المستتر التبلور : هي أنواع محكمة Compact يبدو لها تركيب بلوري تحت الميكروسكوب – كالسيدوني Chalcedony له بريق شمعي متموج – أجيت Agete – وهو كالسيدوني يتكون من طبقات متوازية أو غير منتظمة قد تكون ذات ألوان متغيرة تمثل أدوار الترسيب المتوالية – لون الاجيت أبيض أو بني غامق – أو أزرق.

جاسبر Jasper معتم لونه أحمر – أصفر أو رمادي.

صوان Flint – لونه بني – بني مدخن أو بني أسود يوجد عادة في عقد Nodules.

أنواع الكوارتز الرسوبية Clastic varieties : الرمل – الحجر الرملي.

وجوده : الكوارتز أكثر الأكاسيد شيوعا بعد الماء وهو مكون هام من مكونات صخور النارية والرسوبية حيث يوجد في جميع الصخور ومع كثير من الخامات.

وجوده في مصر : يوجد في كثير من الأماكن في الصحراء الشرقية وسيناء.

الكالسيدوني : يوجد قرب وادي ساجا وفي وادي أبو جريدة.

الاجيت : يوجد في وادي أبو جريدة.

الجاسبر : يوجد في وادي أبو جريدة وعند منجم قاطيري.

الكوارتز الصخري: عند جبل أبو ديابة.

توجد عروق الكوارتز حاملة كثير من خامات المعادن الأخرى في مناطق مختلفة بمصر وخاصة عند منجم ذهب أم الروس وعند جبل جطار وجبل مروى ووادي ديب حاملة الموليبدنايت أو الولفرام وعند جبل مويلح حاملة خام القصدير ... إلخ.

١٣-كوبرايت Cuprite (Cu_2O):

التبلور : فصيلة المكعب – الصلابة : ٣,٥ –٤ – الثقل النوعي : ٥,٨ – ٦,٢ – البريق: معدني ماسي إلى معتم – اللون : أحمر ياقوتي إلى أسود.

وجوده: معدن ثانوي يتكون من أكسدة معادن نحاسية مختلفة – يوجد عادة مع المالاكايت – أزورايت – النحاس الأصلي – كريزوكولا– كالكوبايرايت.

وجوده في مصر : يوجد مصاحباً خامات النحاس الأخرى ناتجاً من أكسدة الكالكوسايت عند ريجينا أو سمرة في سيناء.

١٤-كوراندوم Corandum (Al_2O_3):

التبلور: سداسى – المكسر: محارى – الصلابة: ٩ – الثقل النوعي: ٣,٩-٤,١ – اللون رمادي – بني – أزرق – أحمر – أصفر – لا لون له – البريق زجاجي.

توجد أنواع مختلفة من الكوراندام.

الياقوت: **Ruby** – شفاف أحمر غامق.

الياقوت الأزرق: **Sapphire** – شفاف أزرق اللون وتوجد منه ألوان أخرى غير الأزرق ويعرف عندئذ بالياقوت الذهبي – الأصفر أو الأبيض.

الكوراندوم العادي Common Corundum:

وهو عبارة عن بلورات أو كتل متماسكة من معدن معتم البريق لها ألوان غير منتظمة الانتشار.

حجر الصنفرة: Emery – وهو خليط من الكوراندوم والماجنتيت – هيماتيت – كوارتز – سبنل – لونه رمادي غامق إلى أسود – صلابته أقل من أنواع الكوراندوم الأخرى بين ٧-٩.

وجوده: يوجد منتشراً في الحجر الجيري المتبلور – الدولومايت النيسي – الشيست الميكائي – الشيست الكلورايتي – الجرافيت ... إلخ ويصحبه عادة الماجنتيت – الميكا – الكلورايت – السربنتين – النيفلين – السبينل Spinel توجد الأنواع الكريمة منه في رواسب سطحية Placer deposits في سيلان – بورما – كاشمير – تايلاند – الصين ... إلخ.

أما الكورندوم العادي فيوجد في رواسب واسعة الانتشار مع البيريدوتايت في كثير من بقاع العالم أهمها الولايات المتحدة وروسيا وجنوب أفريقيا والهند.

قيمته الصناعية: الأنواع الكريمة منه تستعمل في صناعة الحلي أما الكوراندوم العادي وحجر الصنفرة فيستعملا لأغراض المسح والكشط.

• ١٠-هيماتيت Hematite (Fe_2O_3):

التبلور: فصيلة السداسي – يوجد المعدن على عدة صور أهمها المتماسك المحبب الليفي – العنقودي الكلوي – الميكائي – الأوليتي Oolitic.

التشقق: غير موجود – المكسر، محاري إلى غير مستوى – الصلابة: ٥,٥-٦,٥ – الثقل النوعي: ٤,٩-٥,٣- البريق: معدني لامع أو معتم – اللون: رمادي أحمر بني أو اسود حديدي.

توجد أنواع عديدة من الهيماتيت:

خام الحديد الصقيل أو السبيكيولاريت Specularite:

وهو النوع ذو البريق المعدني اللامع – لونه غالباً رمادي أو أسود حديدي

الهيماتيت الأحمر المتماسك، كتل متماسكة ذات تركيب ليفي أو شعاعي – بريقه تحت المعدنى إلى معتم – لونه أسود أو أحمر بنى.

الخام الكلوى Kidney Ore: كتل كلوية الشكل – لها سطح أملس ناعم.

المغرة الحمراء Red Ochre: وهذا يشمل الأنواع الأرضية وهى شديدة النعومة ولها بريق معتم وتحتوى عادة على نسبة كبيرة من الطين أو الرمل.

الخام الأوليتى Oolitic iron Ore لهذا النوع تركيب أوليتى Oolitic structure وكثيراً ما يحتوى على أجزاء من حفريات.

وجوده: الهيماتيت هو أهم خامات الحديد ويوجد إما كراسب مستقل ذو سمك أو امتداد كبير أو كمعدن ثانوى فى كثير من الصخور النارية كالجرانيت والسيانايت.

توجد كميات ضخمة من المعدن بين صخور الحقب البريكامبرى فى الولايات المتحدة وكندا وكثير من بلاد العالم – وهو أهم مصدر للحديد إذ أن ٩٠ % من الحديد المستخرج من المناجم يكون على صورة هيمانايت – تستعمل كميات قليلة من الخام فى صناعة البويات وكمسحوق للصقل يعرف بالأحمر Rouge

وجوده فى مصر: توجد كميات ضخمة منه عند أسوان وبين أسوان ووادى حلفا.

١٦–المينايت Ilmenite (Fe Ti O_3):

التبلور: سداسي – التشقق: لا يوجد – المكسر: محارى إلى غير مستوى – الصلابة: ٥–٦ – الثقل النوعى: ٤,٣–٥,٥ – اللون: حديدى إلى أسود بنى – المخدش: أسود إلى بنى أحمر – البريق: معدنى – تحت المعدنى.

وجوده: يوجد بكميات كبيرة فى الرمال السوداء كما يوجد كمعدن ثانوى فى كثير من الصخور النارية والمتحولة.

وجوده فى مصر: توجد في صورة طبقات عدسية محدودة الانتشار فى الجابرو التايتانى الحديدى Titaniferous gabbro عند أبو غلجة فى الصحراء الشرقية حيث تركز الألمينايت من الصخر المنصهر الذى كون الجابرو بواسطة التركيز القطرى Magmatic

Concentration كما يوجد مع معادن أخرى (ماجنتايت ، زيركون ، جارنيت ، مونازايت إلخ) مكوناً الرمال السوداء على الشاطئ عند دمياط ورشيد.

منافعه الاقتصادية: الألمينايت مصدر هام من مصادر ثانى أكسيد التيتانيوم الذى يستعمل كمادة ملونة فى صناعة البويات، الورق، المطاط، الفخاريات، البلاستيك، المنسوجات، المشمع وحبر الطباعة.

١٧-ماجنيتايت Magnetite (Fe_3O_4):

التبلور: مكعب – المكسر: محارى إلى غير مستوى – الصلابة: ٥,٥-٦,٥ – الثقل النوعى: ٥,٢– اللون: أسود حديدى – المخدش: أسود – المعدن معتم مغناطيسي.

وجوده: يوجد المعدن كمكون أولى للصخور النارية القاعدية كالجابرو والبازلت أو كمعدن متحول وكمكون من مكونات الرمال السوداء Black sands.

وجوده فى مصر: فى الرمال السوداء المحتوية على الهيماتيت ومونازايت عند رشيد ودمياط – كما يوجد مع خامات حديدية أخرى فى الصخور المتحولة فى الصحراء الشرقية جنوب القصير عند كريم – أم شداد – أم خميس – سويكات –أم هجاليج.

منافعه الاقتصادية: خام هام للحديد – يخلط بالأسمنت لعمل دكة Balladt المراكب.

١٨-سبينل Spinel ($MgAl_2O_4$):

تانبلور: مكعب – التشقق: غير كامل مثمنى Imperfect octahedral – الصلابة: ٧,٥-٨ – الثقل النوعى: ٣,٥-٤,٥ – البريق: زجاجى إلى معتم– اللون: ألوان متعددة أهمها – أحمر – أزرق – أخضر – بنى – أسود – المخدش: أبيض – شفاف إلى معتم أنواعه:

١- سبينل الجواهر Gem Spinel

(أ) سبينل الياقوت – أحمر عميق اللون – شفاف – أهم جواهر السبينل.

(ب) الماندايت Alamandine

(ج) روبيسيل Rubicelle أصفر إلى أحمر برتقالى.

(د) سافيرين Sapphirine سبينل أزرق.

٢- بيكوتايت Picotite وهو سبينل كرومى لونه أسود - أصفر - أو أخضر بنى.

٣- جاهنايت Gahnite سبينل زنك لونه أخضر أو بنى أو أسود.

٤- هرسينايت Hercynite سبينل حديدى - لونه أسود

وجوده: معدن شائع من المعادن المتحولة Metamorphic mineral فـى الحجـر الجيرى المحبب - النايس والسربنتين - كما أنه معدن إضافى فى الصخور النارية القاعدية. يوجد سبينل الجواهر كراسب سطحى Placer deposit فـى سـيلان - بورما - تايلاند - مدغشقر.

منافعه الاقتصادية: الأنواع الشفافة الملونة (سواء الطبيعية أو المجهزة فى المعمـل) تستعمل كجواهر كما أن السبينل المجهـزة يسـتعمل كمـادة حراريـة هامـة Important refractory.

١٩-كرومايت Chromite: $Fe(Cr\,Fe)_2\,O_4$:

التبلور: فصيلة المكعب - التشقق: مثمنى غير واضح - المكسر: غير مستوى محارى

الصلابة: ٥,٥ - الثقل النوعي: ٤,٣-٤,٦ - البريق: تحت المعدنى إلى معدنى

اللون:أسود حديدى إلى أسود بنى - المخدش: بنى غامق إلى رمادى.

وجوده: فى عروق وكتل غير مستوية فى الصخور القاعدية الماجنيزية وخاصة السربنتين ويتكون غالباً نتيجة الانشطار القطرى Magmatic Segregation يصاحب الكرومايت عادة السربنتين - تلك - جارنت كرومى - كوراندام.

وجوده فى مصر: تكون بفعل انشطار الصخر السائل فوق القاعدى - توجد عدسات الكرومايت فى السربنتين عند البرامية- جبل أم خاصيلة - راس شايت - أبو ضهر - أم كابو ... إلخ.

منافعه الاقتصادية: يستعمل الكرومايت في صناعة الطـوب الكرومـى الحـرارى وكمبطن للأفران ولتحضير أنواع خاصـة مـن الصـلب المعـروف بالصـلب الكرومـى Ferrochrome المستعمل فى أدوات القطـع - المـدرعات - والصـلب الـذى لا يصـدأ Stainless steel أو للطلاء بالكروم وعمل الألوان والصباغات ... إلخ.

٢٠-روتايل (TiO_2) Rotile:

التبلور: فصيلة الرباعى – التشقق: واضح منشورى وهرمى.

الصلابة : ٦-٦,٥ – الثقل النوعى: ٤,٢-٤,٣ – البريق: معدنى ماسى

اللون: أحمر بنى – أحمر رمادى – أسود.

المخدش: أصفر أو بنى باهت.

وجوده: الروتايل هو أهم معادن التيتانيوم ويوجد فى النايس والشيست الميكائى – الجرانيت – الحجر الجيرى المحبب – الدولومايت يصاحبه عادة الكوارتز – الهيماتيت – الفلسبار.

منافعه الاقتصادية: يستعمل فى تلوين الصينى باللون الأصفر وفى صناعة الصلب والصباغة ومع الكربون فى الأقواس الكهربائية – يحضر صناعياً ونظراً لارتفاع معامل انكساره فتعمل منه جواهر ثمينة.

٢١-كاسيتيرايت (SnO_2) cassiterite:

التبلور: فصيلة الرباعى – الصلابة: ٦-٧ – الثقل النوعى: ٦,٨-٧ – البريق: ماسى إلى تحت معدنى – اللون : بنى أحمر – بنى – أسود – أصفر – أبيض.

المخدش: أبيض إلى بنى باهت.

وجوده: يوجد عادة مع الكوارتز – توباز – فلورايت – أباتيت – تورمالين فى عروق قاطعة للجرانيت والرايولايت.

وجوده فى مصر: يوجد مع عروق الكوارتز الحاملة أيضاً للولفرامايت فى وسط الصحراء الشرقية عند عجلة – نويبه – أبو ديب – والمويلحة.

منافعه الاقتصادية: الكاسيتيرايت هو المصدر الوحيد للقصدير فى التجارة والصناعة ويستعمل بكثرة فى صناعة ألواح القصدير – البرونز وفى صناعات معدنية مختلفة. يحضر صناعيا ليستعمل فى مسحوق الصقل.

٢٢-جوثايت – ليمونايت Limonite ($Fe_2O_3H_2O_2$)–Goethite :

متبلور أو غير متبلور – الأغلب أن يكون غير متبلور متماسك أو مسامى ستالاكتيتى أو عنقودى كما أن المظهر الليفى مميز فى كثير من الأحيان.

الصلابة: ١-٥,٥ – الثقل النوعي: ٣,٤-٤ – اللون: أصفر بنى أو اسود – المخدش: اصفر بنى – المكسر: محارى إلى أرضى.

الجوثايت: يطلق على الأنواع المتبلورة أو الليفية التى لها تركيب كيميائى $Fe_2O_2.H_2O$ بينما يطلق الليمونايت على الأنواع غير المتبلورة الأرضية وهى مركبات من أكاسيد حديدية مع نسب مختلفة من الماء وقد تحتوى على سليكا وطين وأكسيد منجنيز ومادة عضوية.

أنواعه الهامة:

المتماسك: الأنواع الستالاكتية – العنقودية – الليفية التركيب – خام حديد المستنقع Bog iron Ore يوجد فى أماكن المستنقعات – مسامى وقد يحتوى على مواد عضوية – المغرة الصفراء Ochreus Limonite or yellow Ochre .

الأنواع الأرضية: الصفراء أو البنية التى غالبا ما تكون غير نقية لاختلاطها بالطين أو الرمل.

وجوده: الجوثايت والليمونايت هى نتيجة تحلل المعادن الحديدية بفعل الماء وثانى أكسيد الكربون وحامض التربة Humus acid والأوكسجين ولذا يكثر وجودها مع البايريت – الهيماتيت – الماجنتيت والسيديرايت.

وجوده فى مصر: فى جبل غرابى بالواحات البحرية توجد كميات ضخمة من الليمونايت وعند وادى أبو مروة بالصحراء الشرقية.

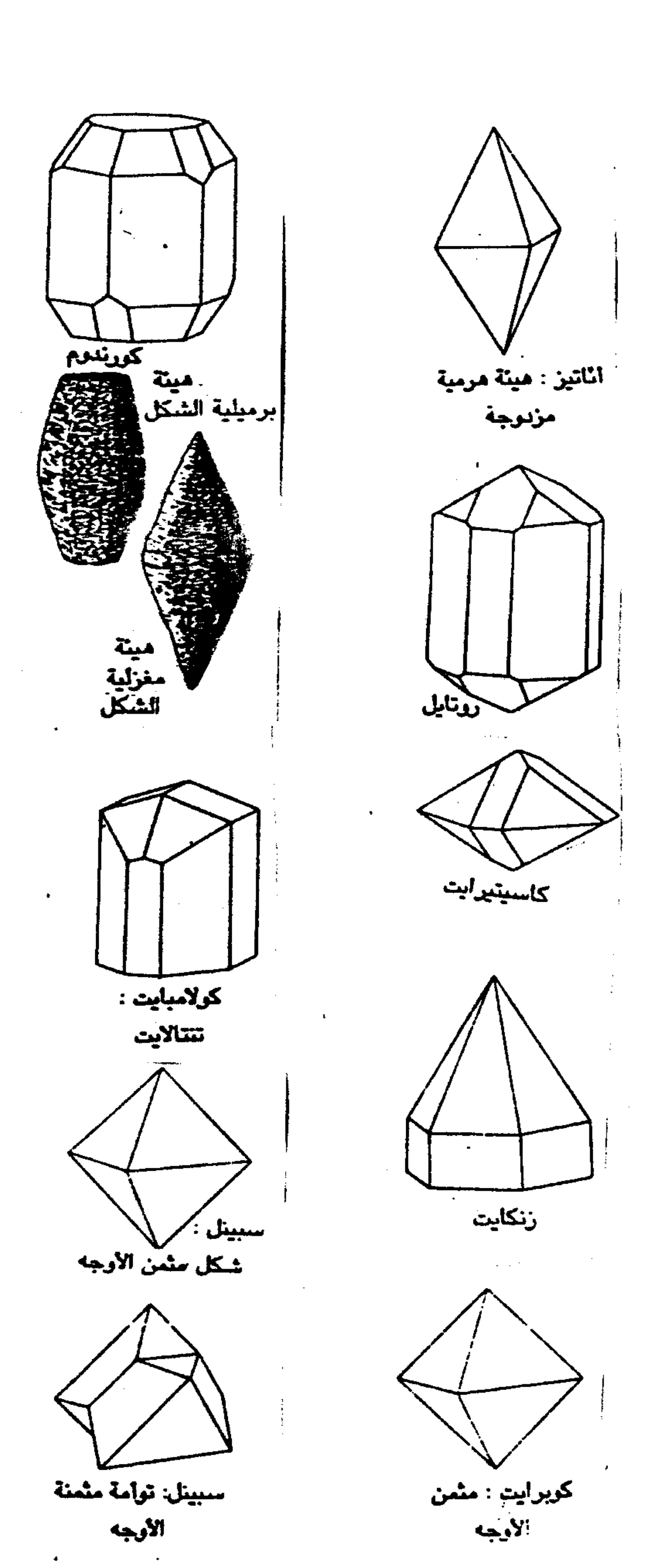
قيمته الاقتصادية: مصدر من مصادر الحديد ويستعمل كذلك فى عمل البويات.

٢٣-بوكسايت Bauxite

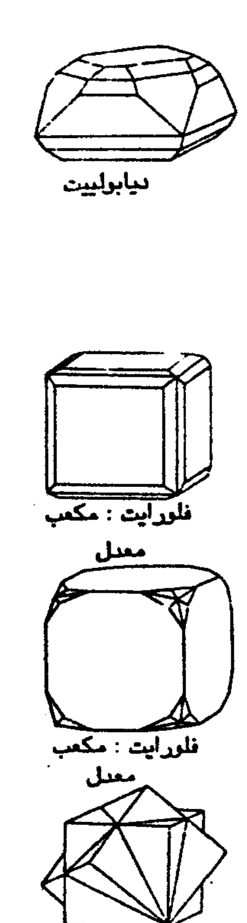
يوجد فى تركيبات أووليتيه أو ببسوليتيه Oolitic or Pisolitic structure مع حبيبات مستديرة فى كتل غير متبلورة طينية الشكل.

الأكاسيد – Oxides





الإيدروكسيدات – Hydroxides

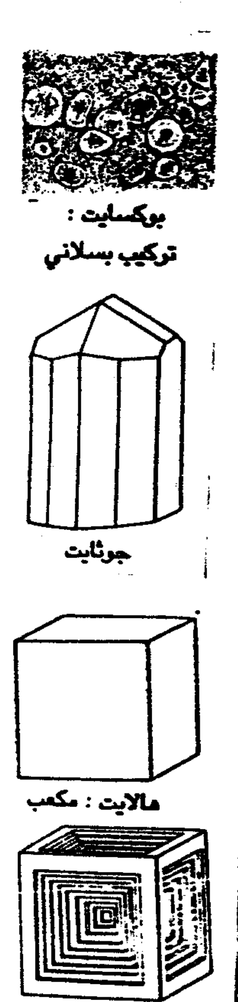


ديابولييت

فلورايت : مكعب معدل

فلورايت : مكعب معدل

فلورايت : توامة متداخلة



بوكسايت : تركيب بسلاني

جوثايت

هالايت : مكعب

هالايت

الصلابة : ١-٣ - الثقل النوعي: ٢,٥٥ - اللون: أبيض - بني - أصفر - أحمر.

البوكسايت هو خليط من معادن أكاسيد ألومنيومية مائية مع أكسيد حديد وماء وسليكا وأكسيد التيتانيوم.

وجوده: يعتبر البوكسايت صخر وهو نتيجة تحلل صخور فلسائية كالجرانيت والسيانايت والنايس، وهو من أهم مكونات اللاتيرايت Laterite الذى يكثر فى المناطق الاستوائية - كما يوجد فى عقد أو حبيبات أو حبوب مختلفة الشكل فى الحجر الجيرى والدولومايت نتيجة ترسيب من محاليل ساخنة.

منافعه الاقتصادية: أهم مصدر للألومنيوم يستعمل فى صناعة مركبات الألومنيوم ومواد الحك Abrasives الصناعية وفى صناعة تقطير البترول .. الصناعية وفى صناعة تقطير البترول .. إلخ.

رابعاً - الهاليدات Haloids:

٢٤-هالايت (Nacl) Halite:

التبلور: فصيلة المكعب Cubic - التشقق: مكعبى ممتاز Excellent Cubical .

الصلابة: ٢-٢,٥ - الثقل النوعي: ٢,١-٢,٣ - اللون: لا لون أو أبيض وإذا كان غير نقى يأخذ ألوانا مختلفة أحمر - أزرق - رمادى - أخضر - أسود - البريق : زجاجي.

١- وجوده: فى رواسب سميكة واسعة الانتشار مع الجبس - انهيدرايت - الطين - الدولومايت - في الصخور الرسوبية مثل رواسب ستاسفورت المشهورة بألمانيا.

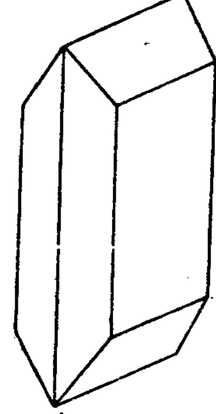
٢- مذاباً فى مياه المحيطات والبحار.

٣- راسب طفحى Efflorescence deposit فى المناطق الحارة كما فى مناطق بحر قزوين وفى أفريقيا وشيلى.

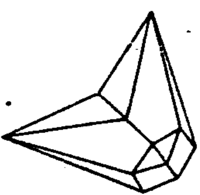
٤- يتكون الملح قرب البراكين نتيجة التصعيد Sublimation.

الكلوريدات والفلوريدات

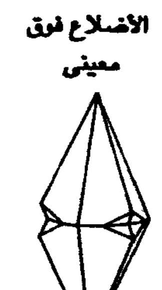
كالسايت : توأمة
مثلث مختلف
الأضلاع فوق
معينى



سيرو سايت

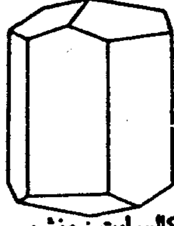


كالسايت : توأمة
مثلث مختلف
الأضلاع فوق
معينى

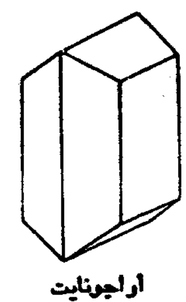


كالسايت : توأمة
مثلث مختلف
الأضلاع فوق
منسطح

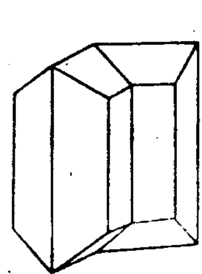
سيروسايت: توأمة
بشكل نجم



كالسايت : منشور
ومعيني منبسط

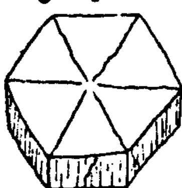


أراجونايت

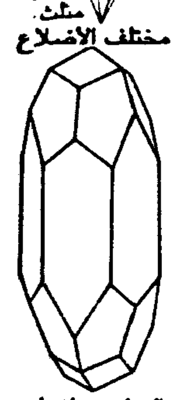


أراجونايت: توأمة

كالسايت
مثلث
مختلف الأضلاع



أراجونايت: توأمة
متكررة



كالسايت : اتحاد
بين أكثر من شكل
بلورى معينية
منشور ومثلث

وجوده في مصر : يرسب الملح صناعياً بتبخير ماء البحر والبحيرات، عند الاسكندرية، مرسى مطروح، رشيد، بلطيم، أدكو ... إلخ.

منافعه الاقتصادية: يستعمل الملح للأغراض المنزلية وفى صناعات الأغذية كما يستعمل الجزء الأكبر من إنتاجه فى صناعات كيماوية وغازية مختلفة لتحضير الصوديوم – الكلور – والمواد المزيلة للألوان.

٢٥-فلورايت Fluorite (CaF_2):

التبلور: فصيلة المكعب – التشقق: مثمنى ممتاز Excellent Octahedral – الصلابة: ٤ – الثقل النوعى: ٣-٣,٢ – اللون: أخضر – أصفر أو أزرق علاوة على ألوان مختلفة من الأحمر – البنى – الأبيض – غير الملون وقد يكون متعدد الألوان – البريق : زجاجى.

وجوده: يوجد الفلورايت فى عروق وسط الحجر الجيرى أو الدولوميت أو الجرانيت والحجر الرملى كما أنه يوجد مع الخامات الآتية:

جالينا، سفاليرايت ، كاسيتيرايت، كالسايت، بارايت، بايرايت، كالكوبايرايت ... إلخ.

منافعه الاقتصادية: يستعمل الفلورايت كعامل مساعد فى صناعة الصلب والزجاج المتلألئ والسياناميد وحامض الأيدروفلوريك وفى التنقية الكهربائية للرصاص والزرنيخ.

خامساً – النيترات ، الكربونات و البورات:

Nitrate , Carbonates and Borates

٢٦-كالسايت Calcite ($CaCO_3$) :

التبلور: فصيلة السداسى – البلورات فى أشكال متعددة جداً.

التشقق: معينى كامل Perfect rohmobedral

الصلابة: ٣ – الثقل النوعى: ٢,٧٢ – البريق: زجاجى إلى أرضى.

اللون: عادة بلا لون ، أبيض، أصفر، شفاف إلى معتم.

أنواعه: ١- الكالسايت العادى. بلورات أو كتل متشققة أو ليفية وهذا يشمل:

(أ) كالسايت سن الكلب Dog tooth spare وله بلورات من نوع Scalenohedroc توجد فى تجمعات.

(ب) كالسايت رأس المسمار Nail head spare بلورات منشورية نهايتها معينية.

(ج) كالسايت ايسلاندى Iceland spare لا لون له شفاف يظهر الانكسار المزودج بشدة.

(د) كاسايت أطلسى Satia spare نوع ليفى له بريق حريرى.

٢- **الحجر الجيرى Limestone الكالسايت هو المكون الأول للحجر الجيرى.**

٣- **الرخام.**

٤- **الطباشير والطفل Chalk and marl وتحتوى على أنواع ناعمة أرضية من الكالسايت.**

وجوده: يوجد الكالسايت بكثرة فى كثير من الأماكن والصخور – الحجر الجيرى – الرخام – الطباشير – الطفل وحول الينابيع– فى شقوق وفجوات الصخور النارية والرسوبية ويصاحب كثير من رواسب الفلزات والخامات المعدنية.

وجوده فى مصر: يوجد فى مصر فى أماكن كثيرة بين طبقات الصخور الرسوبية وفى عروق مصاحباً كثيراً من الخامات المعدنية.

منافعه الاقتصادية: يستعمل الكالسايت الإيسلاندى فى صناعة الأجهزة الضوئية – كما يستعمل الحجر الجيرى فى أعمال البناء والأسمنت وصناعات فلزية مختلفة – أما الرخام فيستعمل فى البناء والزخرفة وكمصدر لثانى أكسيد الكربون – يستعمل الطباشير للتبييض والصقل ... إلخ.

٢٧–دولومايت Dolomite CaMg $(CO_3)_2$:

التبلور: فصيلة السداسي – التشقق : معينى كامل.

الصلابة : ٣,٥-٤ – الثقل النوعى: ٢,٩ – اللون: أبيض، أحمر، أصفر، بنى، أسود، ونادراً ما يكون بلا لون.

البريق: زجاجي "لؤلؤى" شفاف إلى نصف شفاف.

وجوده: يوجد الدولومايت فى كثير من الرواسب المعدنية وفى شقوق كثير من الصخور الرسوبية والنارية.

وجوده فى مصر: يوجد فى مصر مع كثير من الصخور النارية والرسوبية وخاصة بالقرب من أبى رواش عند الجيزة.

منافعه الاقتصادية: يستعمل الدولوميت فى أعمال البناء والزخرفة كما أنه مصدر للماجنزيوم ومركباته علاوة على أنه مادة حرارية Refractory material.

٢٨-ماجنزايت Magnesite $MgCO_3$:

التبلور: فصيلة السداسى - نادراً ما يوجد فى بلورات معينية الأغلب أنه يوجد فى كتل متشققة محببة أو متماسكة فى مظهر الصينى غير المصقول كما أنه يوجد أحياناً متبلوراً تبلوراً خشناً ويبدو فى مظهر الدولومايت أو الرخام.

التشقق: معينى Rhombohedral - المكسر: محارى - الصلابة : ٣,٥-٤,٥ - الثقل النوعى: ٢,٩-٣,١ - اللون: بلا لون، أبيض، أصفر، بنى، أسود البريق: زجاجي إلى معتم.

وجوده: يتكون الماجنزايت نتيجة تحول وكربنة معادن الماجنزيوم فالأوليفين يتحول إلى ماجنزايت ، سربنتاين، ليمونايت، أوبال.

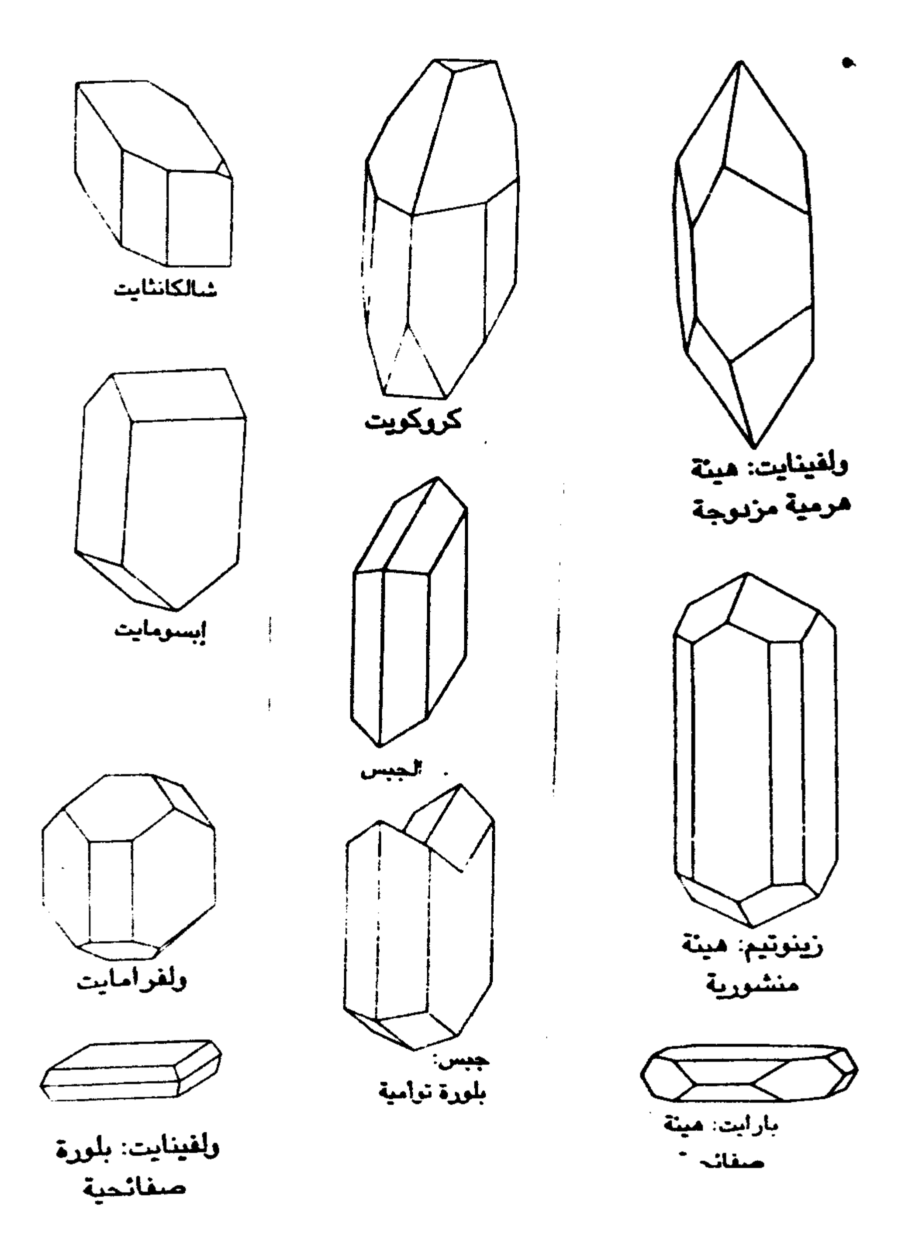
يوجد الماجنزايت فى عروق الشيست الطلقى والشيست اكلورايتى وفى السربنتاين.

وجوده فى مصر: يوجد الماجنزايت فى كثير من أماكن الصحراء الشرقية والجنوبية حيث يتحول صخر السربنتاين إلى صخر طلق ماجنزينى يعرف بصخر البرامية وهو صخر حرارى مناسب للصناعة.

توجد عروق الماجنزايت مع صخر السربنتاين عند أم سلاطيط فى الحراء الشرقية.

منافعه الاقتصادية: يستعمل الماجنزايت فى صناعة الطوب الحرارى والبواتق ولتبطين الأفران وكمصدر لثانى أكسيد الكربون ومركبات الماجنزيوم .. إلخ.

Nitrates and Borates – النتراتات والبورات



٢٩-مالاكايت Malachite $Cu_2 (OH)_2 CO_3$:

التبلور: فصيلة ذو الميل الواحد – البلورات عادة إبرية رفيعة توجد فى مجموعـــات وعادة يوجد المعدن فى كتل كلوية أو عنقودية أو ستالاكتية الشكل.

التوأمه: شائعة – الكثافة النوعية ٣,٩-٤ – الصلادة: ٣,٥-٤ ، الانفصام: متســطح كامل المكسر: تحت محارى إلى غير مستو اللون والشفافية: أخضر لامع – شفيف.

الحكاكة: ذات لون أخضر باهت، البريق: تظهر الأنواع الليفية بريقاً حريرياً ويككون البريق كدر عندما يكون المعدن كتلياً.

٣٠-أزورايت Azurite $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$:

النظام البلورى: أحادى الميل – الهيئة: يتكون المعدن فى بلورات ذات هيئة صفائحية أو منشورية قصيرة. أو تجمعات شعاعية – الكثافة النوعية: ٣,٨-٣,٩ – الصلادة: ٣,٥-٤- الانفصام: منشورى كامل – المكسر: محارى – اللون والشفافية: يتميز المعدن بوجوده شفاف إلى شفيف، المخدش: لون أزرق باهت – البريق: زجاجي.

سادساً – الكبريتات والكرومات – الموليبدات والتنجستات

٣١-أنهيدرات Anhydrite - $CaSO_4$:

النظام البلورى: المعينى القائم – الهيئة: يندر وجود المعدن فى بلورات ولكنه يتواجد فى صورة تحيلية أو حبيبية أو ليفية – الكثافــة النوعيــة: ٢,٩-٣ – الصـــلادة: ٣-٣,٥ – المكسر: غير مستوى – اللون والشفافية: من عديم اللون إلى الأبيض، وغالباً يكون مخضــباً باللون الأزرق، شفاف إلى شفيف، المخدش: لونه ابيض.

وجوده: يوجد الأنهيدرايت فى الحجر الجيرى والحجر الطينى الصــفحى مصـــاحباً الهالايت والجبس.

قيمته الصناعية: فائدته الاقتصادية قليلة جداً والنوع السيليسى منه يصـــقل لأعمـــال الزخرفة.

٣٢-الجبس Gypsum $Ca\ SO_4\ 2H_2O$:

التبلور: فصيلة ذو الميل الواحد– البلورات عادة بسيطة منشورية أو مسطحة ولكنها أحياناً توأمية – يوجد المعدن فى كثير من الأحوال فى كتل متشققة عمودية – محببة – ليفية .. إلخ – التشقق: ثلاثة أنواع منه تسبب إنفصال صفائح رقيقة ناعمة من المعدن – المكسر: محارى أو ليفى – الصلابة: ٢ – الثقل النوعى: ٢,٢–٢,٤ – البريق : زجاجى إلى لؤلؤي أو حريرى – اللون: بلا لون – أبيض – رمادى – أصفر – بنى – أحمر – أسود – شفاف إلى معتم.

التركيب الكيماوى: $CaSO_4.2H_2O$– عادة يكون مخلوطاً بالطمي أو الرمل أو مادة عضوية – تخرج منه المياه إذا ما سخن ويصبح عندئذ أبيض معتم.

أنواع الجبس: يوجد خمسة أنواع من الجبس:

١- سيلينايت **Selenite** وهو النوع المتبلور أو الكتل المتشققة لا لون له – شفاف.

٢- **الجبس الحريرى Satin spar** النوع الليفى – بريقه حريرى.

٣- **الألاباستر Alabaster** نوع كتلى – دقيق الحبيبات يستعمل لعمل التماثيل والزخرفة.

٤- **الجبس الصخرى Rock gypsum** نوع متماسك قشري أو محبب – عادة غير نقى يطحن ويستعمل كنوع من السماد.

٥- جبسايت **Gypsite** نوع غير نقى أرضى أو رملى.

وجوده : يوجد فى رواسب واسعة الانتشار فى طبقات سميكة . عادة مع الحجر الطينى الصفحى أو مع الحجر الجيرى.

يتكون الجبس إما من الترسيب من محلول أو بإضافة الماء إلى الأنهيدرايت أما فى المناطق البركانية فيتكون الجبس بتأثير الأبخرة الكبريتية على الحجر الجيرى وفى العروق الحاملة للمعدن يتكون الجبس بتأثير حامض الكبريتيك الناتج من أكسدة كبريتورات الفلزات.

وجوده فى مصر: يوجد الجبس مع الانهيدرايت فى مصر فى طبقات سميكة جداً فى منطقة خليج السويس والبحر الأحمر ضمن عصر الميوسين ويستغل الجبس من هذه الطبقات عند رأس ملعب بسيناء.

منافعه الاقتصادية: للجبس منافع مختلفة – يستعمل كسماد أو مادة مقاومة للحشرات – مادة مساعدة فى صناعة الزجاج والصينى – مادة مؤخرة فى صناعة الأسمنت بينما يستعمل الألاباستر فى عمل التماثيل والزهريات .. إلخ.

يستعمل الجبس الحريرى والسيلينايت فى عمل الحلى الرخيصة وفى بعض مستلزمات الميكروسكزبات.

إذا سخن الجبس تحول إلى المصيص Plaster of Parus ذو الفوائد المتعددة فى أعمال البناء وصناعة الأسنان والتماثيل.. إلخ.

٣٣-بارايت Barite $BaSO_4$:

التبلور: فصيلة المعين Orthorhombic:

البلورات مسطحة أو منشورية ويوجد المعدن كذلك فى كتل متشققة محببة ليفية أو كلوية – التشقق: قاعدى أو منشورى – المكسر: غير مستو – الصلابة: ٣-٣,٥ – الثقل النوعى: ٤,٣-٤,٧ – اللون: بلا لون – أبيض – أصفر – أزرق – بنى – أحمر– شفاف إلى معتم – البريق: زجاجى إلى لؤلؤى.

وجوده: معدن واسع الانتشار – يوجد فى العروق الفلزية مع الجالينا – سفاليرايت – فلورايت – كالكوبايرايت وخامات المنجنيز والحديد.

وجوده فى مصر: يستخرج من جنوب شرق أسوان حيث يوجد كعروق قاطعاً الصخور النارية كما يوجد الباريت فى عروق قاطعة للجرانيت ومصاحبة للهيماتيت عند جبل العرف فى منطقة وادى الديب – يوجد الباريت كذلك بين طبقات الحجر الرملى النوبى فى الواحات البحرية.

منافعه الاقتصادية: يستعمل الباريت بكميات كبيرة فى صناعة الألوان – ورق الحائط – الزجاج – العاج الصناعى – مبيدات الحشرات فى عمليات الحفر البترولى – كما تستعمل بعض أنواعه لأغراض الزينة.

٣٤-أباتيت Apatite $Ca_3 F (PO_4)_3$:

التبلور: فصيلة السداسى : البلورات منشورية أو مسطحة سميكة ويوجد كذلك فى كتل متماسكة – ليفية – كلوية أو ليفة.

التشقق: قاعدي كامل – المكسر: محارى.

الصلابة: ٥- الثقل النوعى: ٣,١-٣,٢ – اللون: بلا لون وشفاف ولكن الغالب أن يكون المعدن نصف شفاف أو معتم ذو ألوان مختلفة بنى – أخضر – رمادى – أصفر – أحمر – أزرق – أرجوانى أو أبيض.

البريق: زجاجي.

توجد أنواع ثلاثة من أباتيت.

١- **الأباتيت العادى:** وهو الذى يضم الأنواع المتبلورة – المتشققة – المحببة.

٢- **صخر الفوسفات:** نوع طفلى غير نقى يحتوى على ١٥-٤٠ فى المائة خامس أكسيد الفسفور P_2O_5 لونه رمادى – أبيض – بنى – أو اسود – صلابته تختلف من ٢ إلى ٥ – يوجد فى طبقات وعقد.

٣- جوانو Guano متكون من إفراز الحيوانات وخاصة الطيور لونه رمادى إلى بنى – مسامى – محبب أو متماسك التركيب.

وجوده: الأباتيت معدن إضافى فى كثير من الصخور النارية ويصاحب كثير من الخامات الفلزية وخاصة الماجنتايت والكاسيترايت، كما يوجد المعدن فى الحجر الجيرى المحبب.

وجوده فى مصر: يوجد فى صخر الفوسفات عند سفاجة – القصير على ساحل البحر الأحمر – واليوصيلية – السباعية – المحاميد فى وادى النيل وفى الواحات الخارجة والداخلة وسينا.

منافعه الاقتصادية: يستعمل صخر الفوسفات بكميات كبيرة فى صناعة السماد بعد خلطه بحامض الكبريتيك – الأباتيت مصدر من مصادر الفوسفور وحامض الفوسفوريك كما تستعمل البلورات الشفافة ذات الألوان الجيدة كأحجار كريمة.

سابعاً – السليكات Silicates:

٣٥-أوليفين $(Mg\ Fe)_2\ SiO_2$ Olivine:

التبلور: فصيلة المعين توجد البلورات عادة فى أشكال منشورية أو سمكية مسطحة ولكن الأغلب أن يوجد المعدن فى حبيبات متفككة أو متجمعة.

التشقق:مواز لوجه Pinacoid.

المكسر: محارى – الصلابة : ٦,٥-٧ – الثقل النوعى: ٣,٢-٣,٦.

البريق: زجاجى – اللون: الأغلب أخضر ولكن الأصفر البنى – الأحمر والرمادى قد توجد وقد يكون بلا لون شفاف إلى نصف شفاف.

يتغير المعدن إلى سربنتين – ماجنتايت – ليمونايت – ماجنزايت – أوبال وجارنيرايت Garnierite.

وجوده: يوجد الأوليفين فى كثير من الصخور النارية القاعدية كالبازلت والدونايت Dunite – الجابرو – والبريدوتايت – كما يوجد فى الحجر الجيرى المتبلور والدولومايت.

وجوده في مصر: مع صخور البازلت البريدوتايت فى كثير من بقاع الصحراء الشرقية وسيناء.

٣٦-كريزوكولا $CuSiO_3.nH_2O$ Chrysocolla :

التبلور: البلورات صغيرة الحجم إبرية نادرة الوجود لم تحدد فصيلتها والأغلب أنه يوجد المعدن فى صور غير متبلورة على شكل كتل متماسكة كلوية أو على شكل قشور Incrustations أو عروق.

المكسر: محارى – الصلابة: ٢-٤– الثقل النوعى: ٢-٢,٢ .

اللون: متباين بين الأخضر والأزرق وهو الأغلب ويكون لون المعدن بنياً إلى أسود إذا كان غير نقى.

البريق: زجاجى أو معتم نصف شفاف.

وجوده: يتكون الكريزوكولا – وهو معدن ثانوى – نتيجة تغير خامات نحاسية مختلفة مثل الكالكوبايرايت – كوبرايت – تيتراهدايت ، ويوجد عادة مع المالاكايت – النحاس الأصلى – الأزورايت والليمونايت.

وجوده فى مصر: فى وادى سمرة بسينا – ووادى عربة وجبل دارا بالصحراء الشرقية.

٣٧-أوجايت (Augite $Ca(MgFe)\ Si_2\ O_6)\ (Ca\ Mg\ Fe\ (Al\ Fe)\ (AlSiO_6)$:

التبلور: فصيلة ذو الميل الواحد – التشقق: منشورى – المكسر: محارى إلى غير مستوى: الصلابة: ٥-٦ – الثقل النوعى: ٣,٢-٣,٦ – اللون: أسود أو أسود أخضر – المخدش: رمادى أخضر – البريق: زجاجى إلى معتم.

وجوده: الأوجايت من المعادن الشائعة الوجود فى الصخور وخاصة القاعدية كالبازلت – الديابيز Diabase – جابرو .. إلخ.

وجوده فى مصر: مع الصخور القاعدية فى كثير من أنحاء الصحراء الشرقية وجنوب سيناء.

٣٨-هورنبلند Hornblend

$$\begin{cases} (Ca_2\ (MgFe)_4\ Al(OH)_2\ (AlSi_7\ O_{22}) \\ (Ca_2\ N_2\ (MgFe)_3\ Al(OH)_2\ (Al_2\ Si_6\ O_{22}) \end{cases}$$

التبلور: فصيلة ذو الميل الواحد – التشقق: منشورى كامل – الصلابة: ٥-٦ – الثقل النوعى: ٢,٩-٣,٣ – اللون: أخضر غامق – بنى – أو اسود – المخدش: رمادى أخضر إلى رمادى بنى – البريق: زجاجى إلى حريرى.

وجوده: يوجد فى الهورنبلند كمعدن أساسى أو إضافة فى كثير من الصخور النارية الجوفية كالجرانيت – السيانايت – الديورايت – البازلت – الشيست الهورنبلندى – جابرو – الحجر الجيرى المتبلور.

وجوده فى مصر: مع الصخور النارية أو المتحولة فى صحراء سيناء أو الصحراء الشرقية.

٣٩-تلك أو طلق Talc $Mg_3 (OH)_2 Si_4 O_{10}$:

التبلور: فصيلة ذو الميل الواحد. بلوراته مسطحة أو قشرية ولكن الأغلب أن يوجد المعدن فى كتل متماسكة أو ورقية أو ليفية أو محببة إلخ.

التشقق: قاعدى كامل – المكسر : غير مستو للكتل المتماسكة.

الصلابة: ١-٢,٥ – الثقل النوعى: ٢,٦-٢,٨ – اللون: أخضر – أبيض – رمادى – أصفر – بنى – البريق: لؤلؤى.

أنواعه: طلق ورقى Foliated talc نوع ورقى التركيب – أخضر اللون صـــلابته: ١-٢

ستياتايت أو حجر الصابون Steatite or Soapstone نوع كتلى غير نقى يوجـد فى رواسب كبيرة لونه رمادى إلى أخضر وصلابته : ١,٥-٢,٥

الطباشير الفرنسى French Chalk: متماسك ناعم الملمس، أبيض اللـــون، يتــرك علامات بيضاء على الملابس.

وجوده: يوجد الطلق عادة مع الصخور المتحولة وخاصة الشيســت الكلــورايتى – السربنتاين – ماجنزايت – يتكون نتيجة تغير المعادن المنجنيزية التى لا تحوى ألومنيوم.

وجوده في مصر: فى وادى جولان ، العطشان و فى منطقة حماطة توجد رواســب ضخمة من الستياتيت – يوجد الطلق كذلك فى دار هيب ميكبى – بيرديزى – ووادى خريطة وكلها فى الجزء الجنوبى من الصحراء الشرقية.

قيمته الاقتصادية: يقطع الطلق والستياتايت فى قطع كبيرة ويستعمل لأحواض الغسيل ومناضد المعامل والأرفف والطوب الحرارى – أقلام لعمل علامات على الحديــد والزجــاج والمنسوجات – يستعمل المسحوق الطلقى لأغراض الزينة ولعمـــل الصـــابون والمنتجـــات الفخارية وكمادة غير موصلة للحرارة وفى أكثر من ٤٠ صناعة.

٤٠-ماسكوفايت Muscovite $KAL_2 (OH)_2 AlSi_2 O_{10}$:

التبلور: فصيلة ذو الميل الواحد – توجد البلورات على أشكال مسطحة سداســية أو معينية ولبعضها أحجام كبيرة قد يصل إلى عدة أقدام.

التشقق: قاعدى كامل – الصلابة: ٢-٣ – الثقل النوعى: ٢,٨-٣,١.

اللون: بلا لون أو أصفر – بنى ، أحمر شفاف أو نصف شفاف، البريق زجاجى.

وجوده: أكثر أنواع الميكا انتشاراً، ويوجد مع الجرانيت والسيانيت والبيجماتايت.

وجوده فى مصر: مع الصخور الجرانيتية والبيجماتاتية فى الصحراء الشرقية وسينا.

منافعه الاقتصادية: فى صناعة الأجهزة الكهربية كالدينامو والموتورات ولتغطية المواد لعزلها، تستعمل الألواح الشفافة فى عمل منافذ أفران ... إلخ.

٤١-بيوتايت Biotite : $K(Mg_2 Fe)_3 (OH)_2 AlSi_3 O_{10}$

التبلور: فصيلة ذو الميل الواحد، توجد البلورات فى أشكال مسطحة سداسية أو معينية ولكن البلورات نادرة والأغلب أن يوجد المعدن فى كتل صفائحية.

التشقق: كامل قاعدى – الصلابة: ٢,٥-٣.

الثقل النوعي: ٢,٧-٣,٢ – اللون: بنى أو أسود أو يميل إلى الخضرة.

المخدش: أبيض أو أخضر.

وجوده: معدن ميكائى شائع الوجود – يدخل فى تركيب كثير من الصخور النارية والمتحولة كالجرانيت والسيانايت والديورايت والشيست الميكائى .. إلخ.

وجوده فى مصر: يوجد الفيرميكيولايت Vermiculite – وهو اسم يطلق على مجموعة من المعادن الميكائية المتباينة التركيب نتجت عن أكسدة وإضافة ماء الميكا والكلورايت – فى منطقة حفافيت فى الصحراء الشرقية.

منافعه الاقتصادية: ليس للبيوتايت قيمة أقتصادية كبيرة ولكن الفيرميكيولايت يستعمل كعازل حرارى وضوئى ومادة حرارية Refractory ومحسن للتربة.

٤٢-أورثوكليز Orthoclase:

التبلور: فصيلة ذو الميل الواحد. البلورات كبيرة وشائعة وكثير منها ينمو توأمى.

التشقق: قاعدى كامل – المكسر: محارى – الصلابة: ٦.

الثقل النوعي: ٢,٥-٢,٦ – اللون: بلا لون، أبيض، رمادى، أحمر، أصفر، أخضر، شفاف أو معتم – البريق: زجاجى إلى لؤلؤى.

وجوده: معدن شائع الوجود جداً وخاصة فى الصخور الجوفية النارية كالجرانيت والسيانايت وبعض الصخور السطحية والمتحولة.

وجوده فى مصر: مع الجرانيت والبيجماتايت فى كثير من أماكن الصحراء الشرقية.

منافعه الاقتصادية: صناعة الصينى، الزجاج، الأسنان الصناعية ... إلخ.

٤٣-بريل Beryl $Be_3 Al_2 S_8O_{18}$:

التبلور: فصيلة السداسى – يوجد المعدن عادة فى بلورات منشورية طويلة قد تصل إلى حجم كبير – التشقق: قاعدى غير واضح.

المكسر: محارى – الصلابة : ٧,٥-٨.

الثقل النوعى: ٢,٦-٢,٨ – اللون: أخضر ، أزرق-أصفر، أحمر – البريق: زجاجى. شفاف إلى نصف شفاف.

أنواعه: ١- الزمرد Emerald أخضر اللون. شفاف، حجر كريم غالى الثمن.

٢- أكوامارين : أزرق، أخضر بخضرة ، شفاف، يستعمل كحجر كريم.

٣- البريل الأصفر.

٤- مورجانايت.

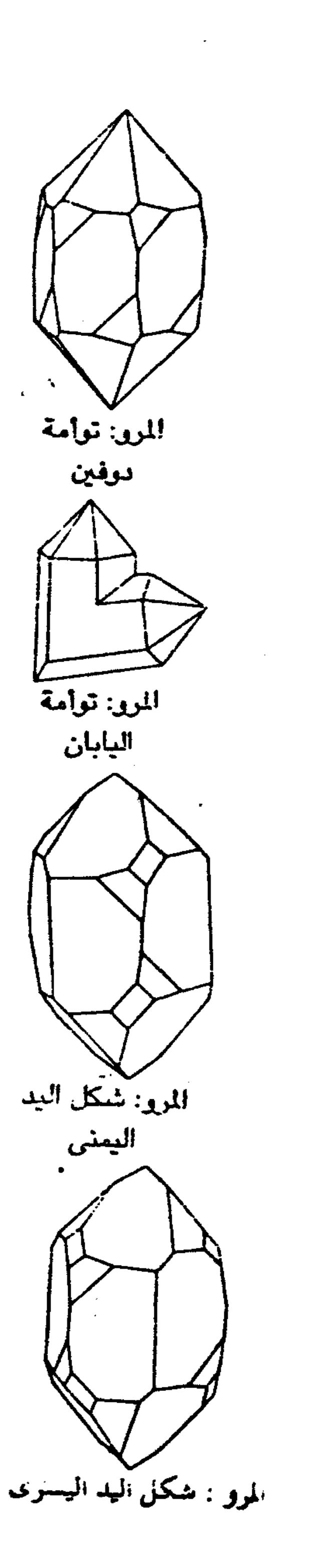
٥- البريل العادى: لونه أخضر أو أصفر أو رمادى.

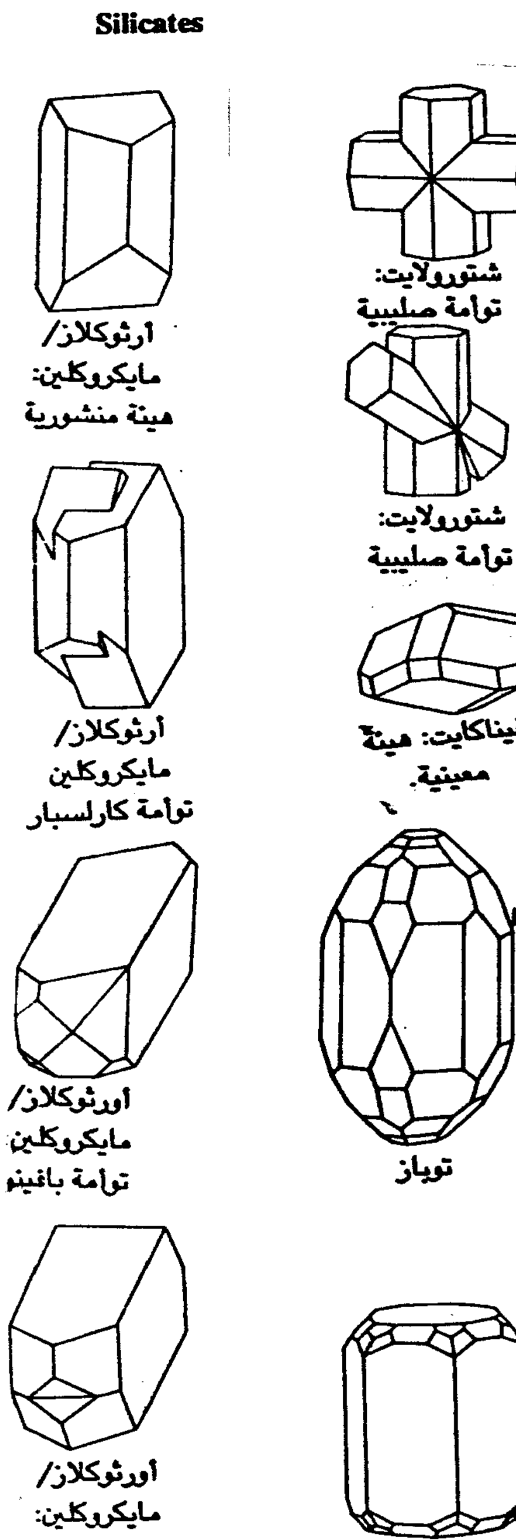
يوجد المعدن عادة مع عروق البيجماتايت وكذلك مع النايس والشيست الميكائى – الاردواز – الحجر الجيرى أو كراسب ثانوى.

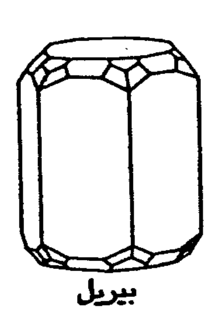
وجوده في مصر: يوجد فى عروق البيجماتايت القاطعة للشيست الطلقى والشيست الميكائى وأحياناً فى الشيست نفسه عند منطقة زابارا – سكيت نوجروس – أم كابو وهى مناطق فى الصحراء الشرقية الجنوبية.

السيليكاتات

Silicates







شتوروولايت: توأمة صليبية

أرثوكلاز/ مايكروكلين: هيئة منشورية

المرو: توأمة دوفين

شتوروولايت: توأمة صليبية

فيناكايت: هيئة معينية.

أرثوكلاز/ مايكروكلين توأمة كارلسبار

المرو: توأمة اليابان

توباز

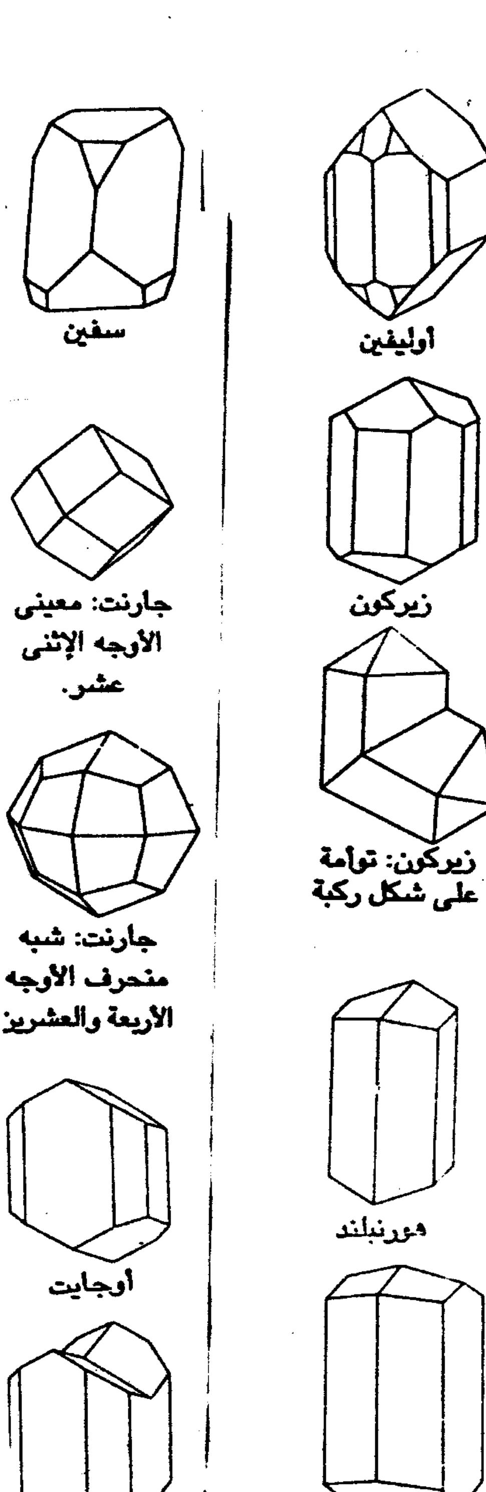
أورثوكلاز/ مايكروكلين توأمة بافينو

المرو: شكل اليد اليمنى

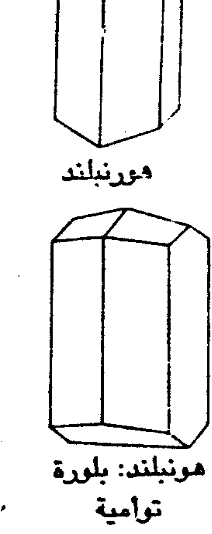
بيريل

أورثوكلاز/ مايكروكلين: توأمة ماينباخ

المرو : شكل اليد اليسرى



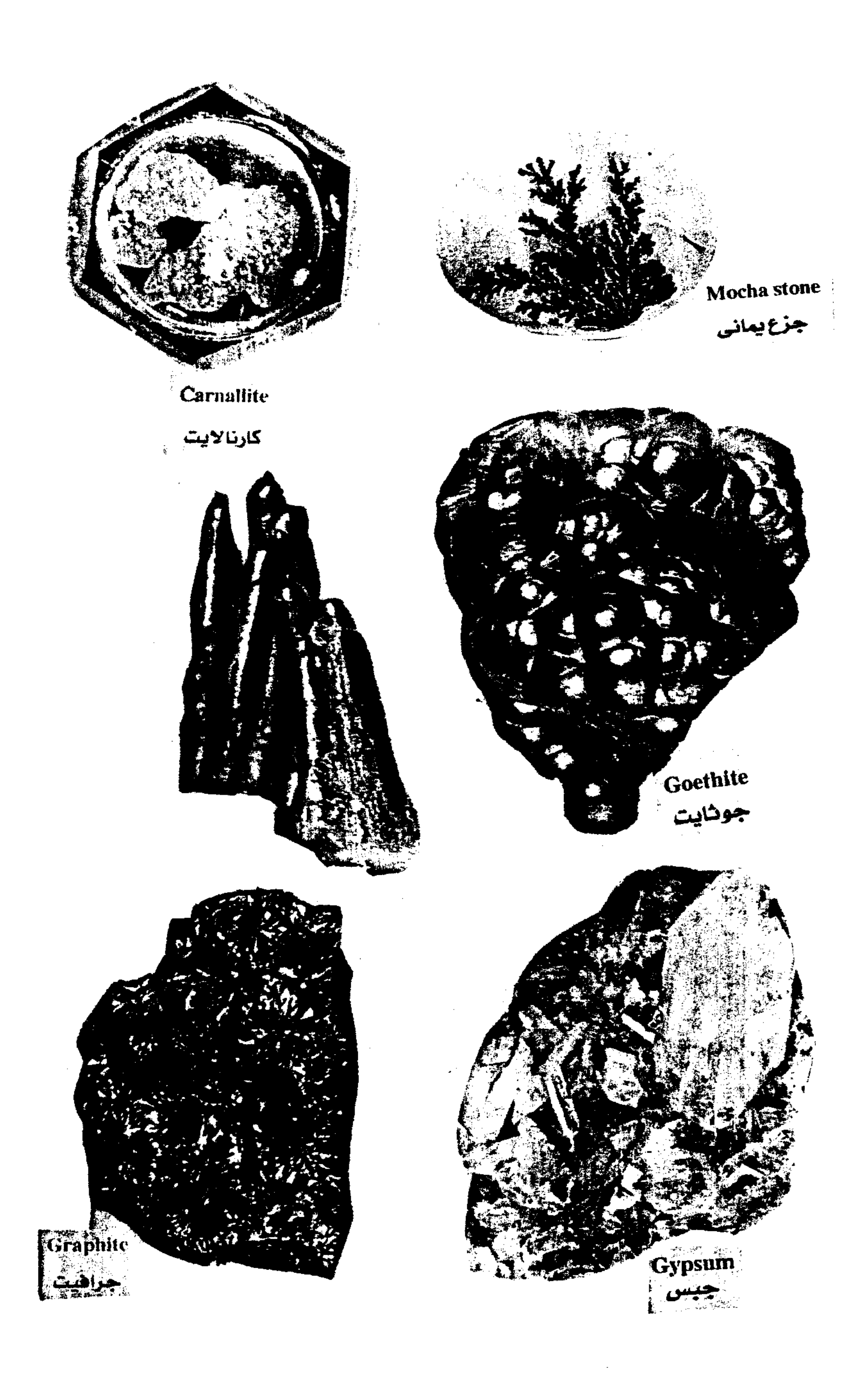
أوليفين
زيركون
زيركون: توأمة
على شكل ركبة
سفين
جارنت: معينى
الأوجه الإثنى
عشر.
جارنت: شبه
منحرف الأوجه
الأربعة والعشرين
أوجايت
أوجايت: بلورة
توامية

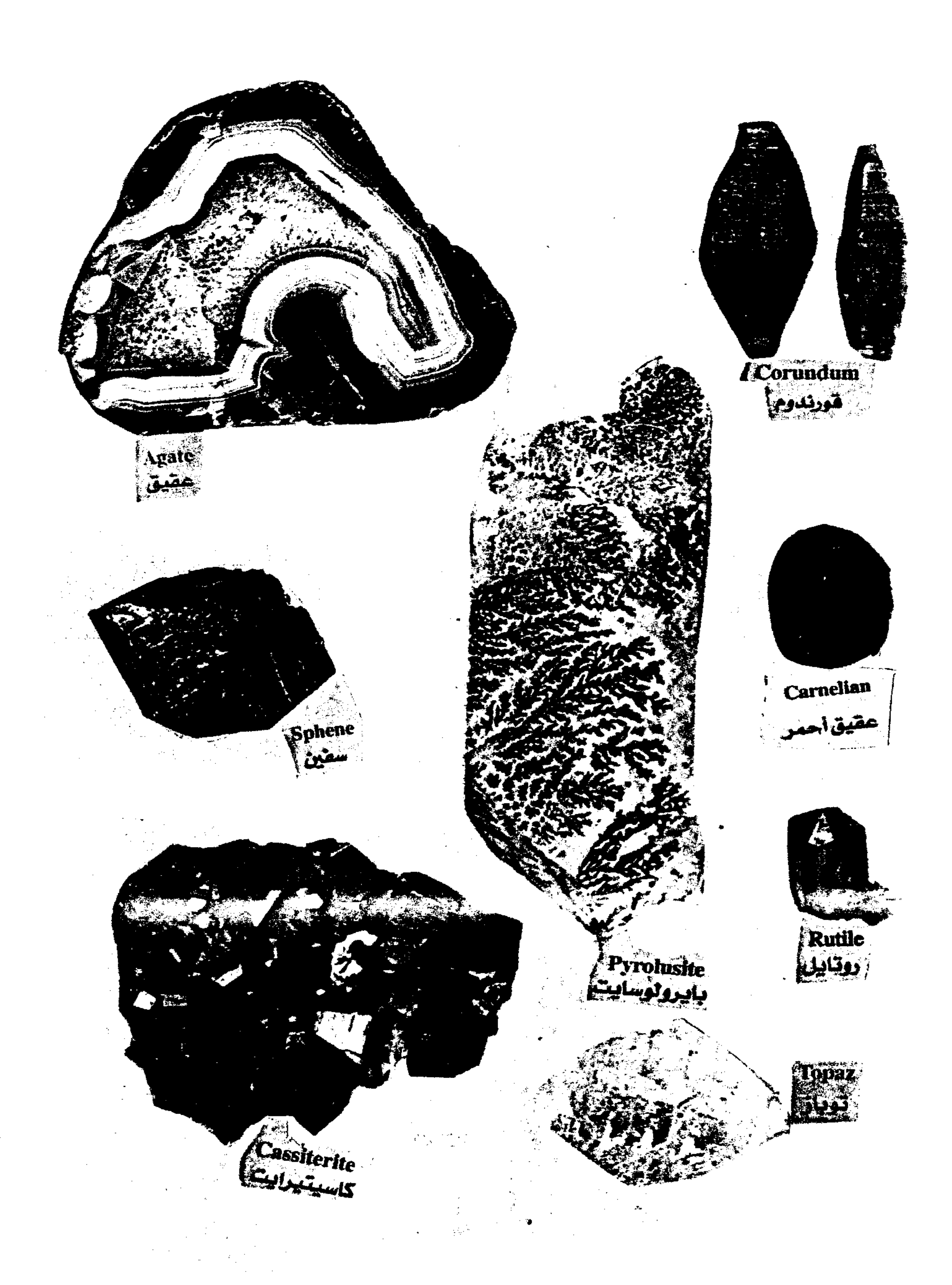


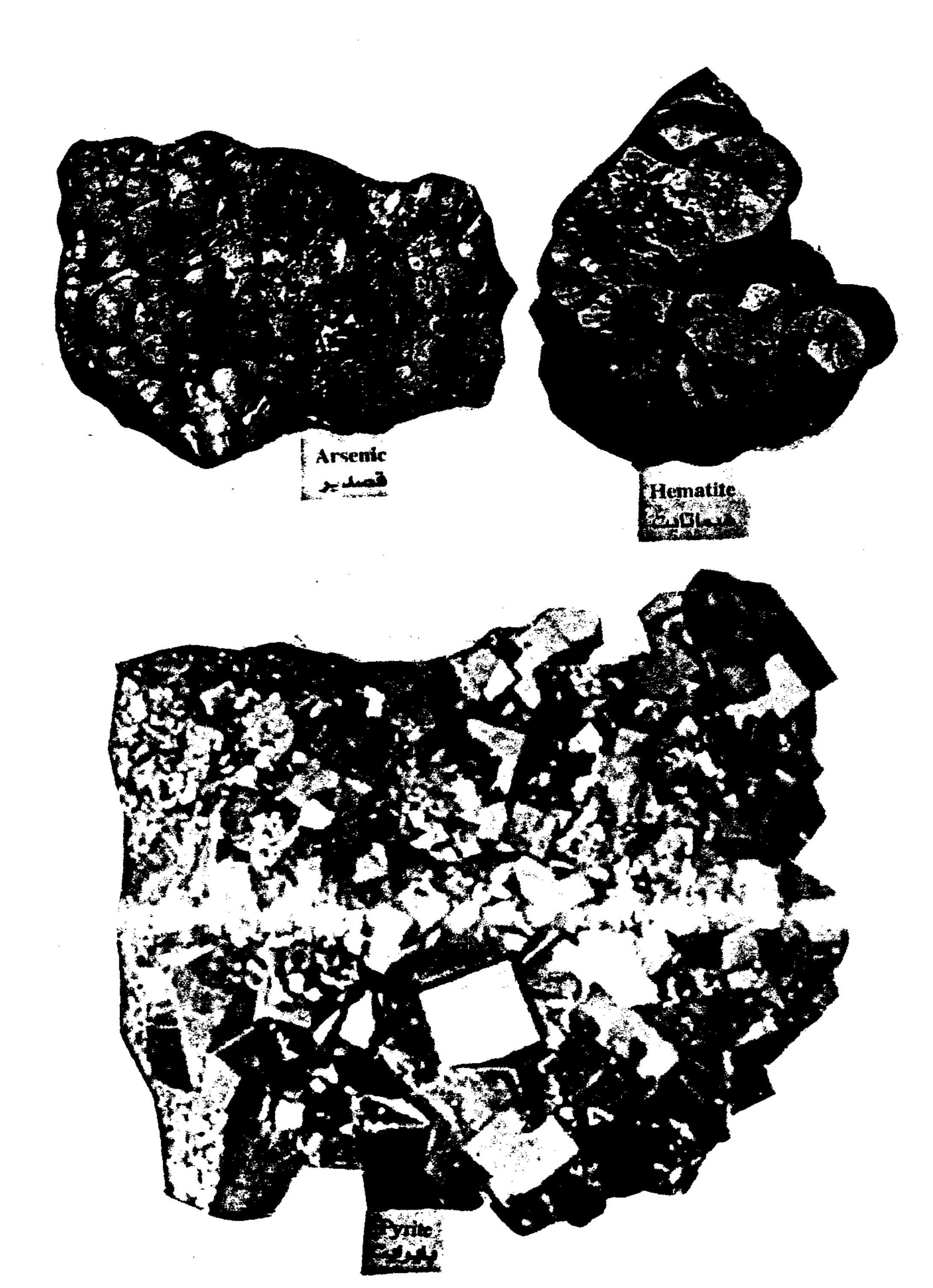
هورنبلند
هونبلند: بلورة
توامية

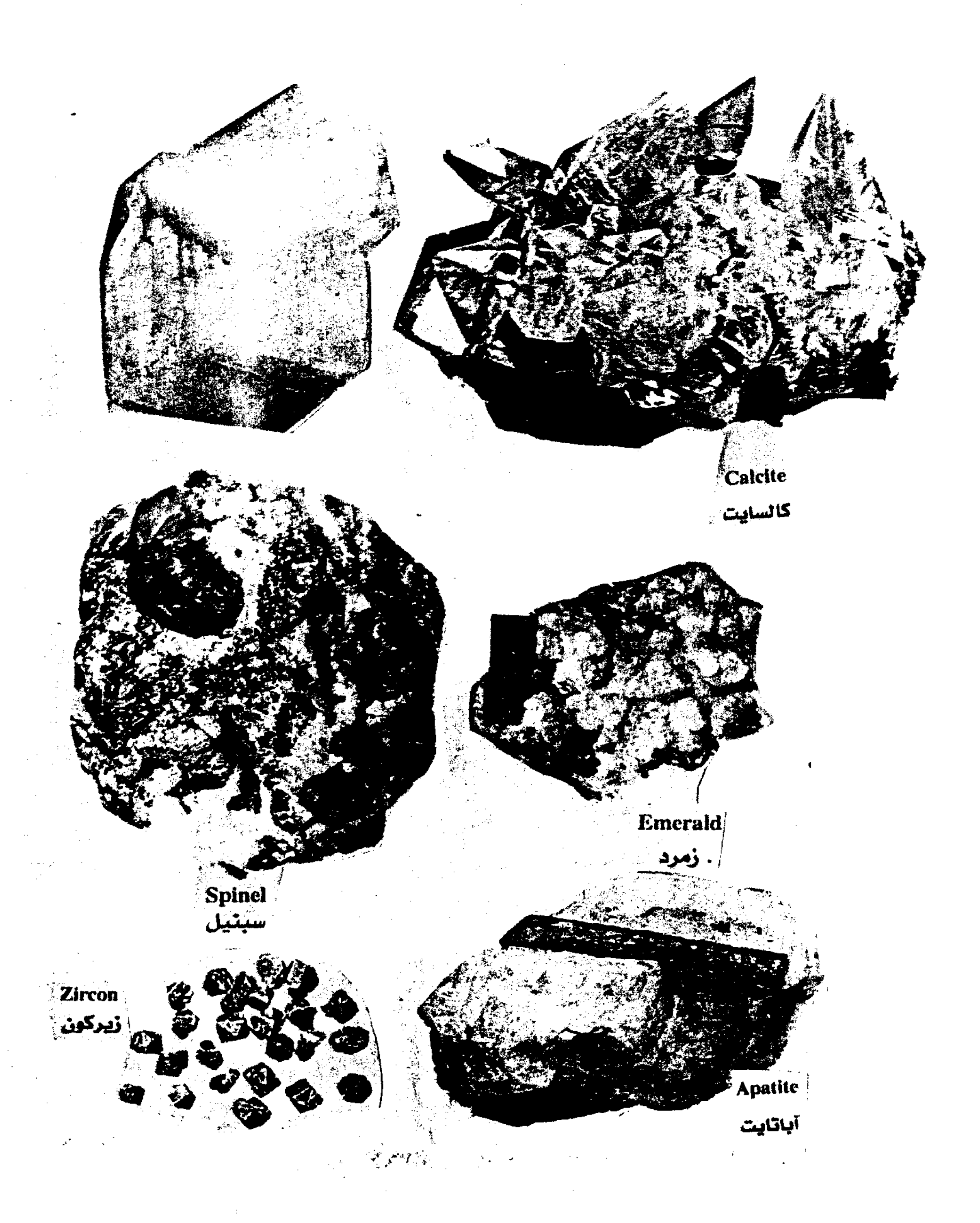


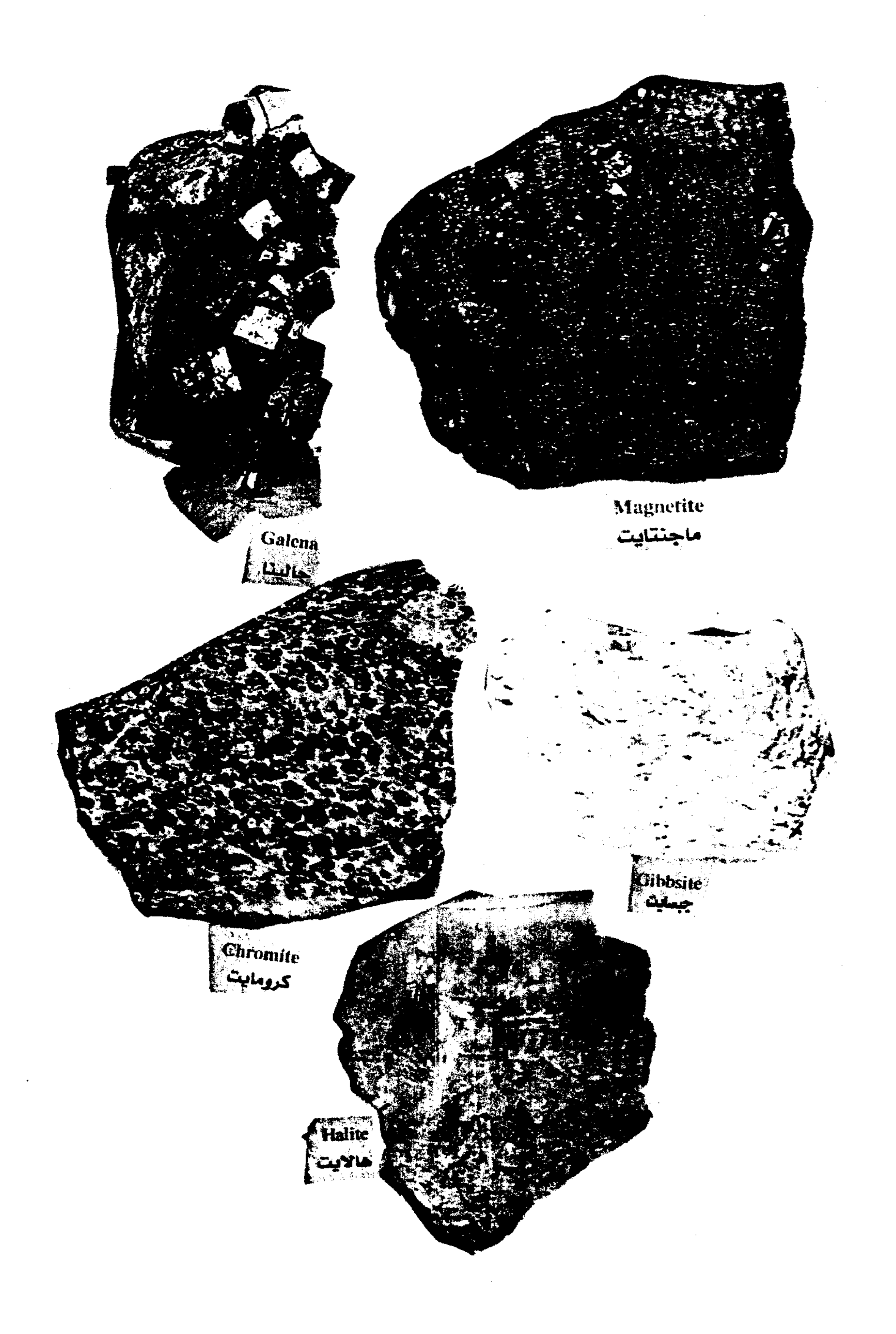
جارنت: ارتباط
وليمايت
أندالوسايت
أندالوسايت:
نوعية
كياشتولايت.
بلاجيوكلاز


Mocha stone
جزع يمانى
Carnallite
كارنالايت
Goethite
جوثايت
Graphite
جرافيت
Gypsum
جبس


Agate
عقيق
Corundum
قورندوم
Carnelian
عقيق أحمر
Sphene
سفين
Pyrolusite
بايرولوسايت
Rutile
روتايل
Topaz
توباز
Cassiterite
كاسيتيرايت


Arsenic
قصدير
Hematite
Pyrite


Calcite
کالسایت
Emerald
زمرد
Spinel
سبنیل
Zircon
زیرکون
Apatite
آپاتایت


Galena
جالينا
Magnetite
ماجنتايت
Gibbsite
جبسايت
Chromite
كرومايت
Halite
هالايت

الباب الثالث

الصخور

الباب الثالث

الصخور

يعرف الصخر بأنه مادة تتكون من معدن أو أكثر لها تركيب كيميائى أو معدنى مميز وثابت تقريباً ويشترك فى بناء جزء هام من القشرة الأرضية.

والصخر دائماً يتكون طبيعياً بمعنى أنه يتكون فى الطبيعة وبالطبيعة فلا يكون مواد مصنوعة كالخرسانة أو أحجار الجلخ وما إليها. والصخر يكون صلباً مع بعض التحفظ طالما سنعتبر الأبسيديان Obsidian وغيره من المواد الزجاجية الطبيعية صخور. وهناك قاعدة عامة تقول، إذا ما احتجت إلى شاكوش لتكسر، فهذا الذى ستكسره يكون صخراً.

نشأة أو تكوين الصخور Rock origin:

أهم التصنيفات الصخرية تقوم أساساً على معرفة الطريقة التى نشأ بها الصخر Rock genesis . غالبية من يعملون فى حقل الجيولوجيا، يأخذون بنظام التصنيف الثلاثى الذى يقسم الصخور إلى صخور نارية والصخور الرسوبية والمتحولة وهو تصنيف غاية فى البساطة وإن كان هناك العديد من الصخور لا تجد لها موضعاً فى ذلك التقسيم. ولكن بلا شك فإن هذا التقسيم يعد مقيداً إذا ما أخذناه فى الاعتبار على علاته.

وعلى ذلك يمكننا تقسيم الصخور حسب طريقة نشأتها إلى ما يلى:

١- الصخور النارية Igneous Rocks وهى صخور متبلورة عامة تكونت نتيجة تجمد الصهارة Magma السائلة القادمة من باطن الأرض.

٢- الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks وهي صخور تكونت غالباً بفعل النشاط الآلى أو الكيميائى لعوامل التعرية أو النشاط العضوى للحيوانات والنباتات وتم ترسيب هذا الفتات الصخرى تحت ظروف عادية من الضغط والحرارة بعد أن كانت عالقة فى الهواء أو مذابة فى الماء.

٣- الصخور المتحولة Matamorphic Rocks وهى صخور تكونت نتيجة لتحول أســاس طرأ على الصخور النارية أو الرسوبية سابقة التكوين بعد تعرضها لقوى طارئــة مــن الضغط والحرارة.

أولاً: الصخور النارية:

تتكون الصخور النارية عندما تبرد الصهارة أو هى الصخور الناتجة عــن ذوب أو صهر الصخور فى باطن الأرض فيما يسمى بغرفة الصهارة (Magma Chamber) وذلك نتيجة اختلاف فى الحرارة والضغط بسبب الحركات الأرضية فتندفع تلك الصهارة من مكمنها إلى ما حولها.

وبالقطع فإن أيسر السبل باتجاه الضغط الأقل، وهو اتجاه سطح الأرض وليس باطن الأرض. فتندفع الصهارة وتشق طريقها (لحرارتها العالية والضغط) كالسكين فى الزبد عبــر طبقات تلك القشرة الأرضية وتأخذ أشكالاً عرفت بها الصخور النارية الباطنيــة أو الجوفيــة Plutonic Rocks وقد تكون قوة الدفع باتجاه سطح الأرض شديدة بحيث تبلغ تلك الصهارة سطح الأرض عبر قناة ثم فوهة بركان. فتكون عندئذ صخور بركانية.

وعلى ذلك يمكننا تقسيم الصخور النارية إلى ثلاثة أنواع:

صخور بركانية Volcanic rocks:

وهى فى مجملها زجاجية ودقيقة البلورات وتوجد فى الطفوح الصهارية والطبقــات Tuff (طف) وهو صخر تقذف به البراكين فيتصلب حولها ويتكون مــن حبيبــات بركانيــة متماسكة يقل قطرها فى العادة عن ٤مم. ومن أمثلتها البازلت والأوبسيديان.

صخور الأغوار (الوسيطة) Hypabyssal rocks

وهي الصخور النارية التى تتصلب على عمق بعيد من سطح القشرة الأرضية وتتخذ مكاناً وسطاً بين صخور الأعماق والصخور السطحية.

معظم هذه الصخور متوسطة البلورات حجماً.

صخور جوفية Plutonic rocks

وهذه الصخور تتكون فى أعماق القشرة الأرضية وتتكون من بلورات كبيرة الحجم. ويمكننا تقسيم الصخور النارية حسب كيفية وجودها Mode of occurrence إلى قسمين أساسيين:

الصخور السطحية Extrusive rocks وهى الصخور السطحية التى تجمدت على السطح.

الصخور المتداخلة Intrusive rocks وهى الصخور التى جمدت من الصخر السائل فى مكان تحت سطح الأرض.

ولكن قسم من هذين القسمين الرئيسين أشكال مختلفة تتوقف على الظروف المتباينة التى بردت وتجمدت فيها – فأشكال الصخور السطحية تتوقف إلى حد كبير على درجة لزوجة Viscous الصخر السائل الذى خرج إلى السطح؛ فالصخر السائل المائع Mobile magma يسيل لمسافة أكثر مكوناً طفحاً – رفيعاً عن الصخر السائل اللزج Viscous magma كما تتوقف أشكال الصخور المتداخلة على المستويات والأماكن الضعيفة فى الصخور المجاورة التى يتداخل فيها الصخر السائل.

ويوجد عادة اتصال وثيق بين الصخور السطحية والصخور المتداخلة وكثيراً ما نجد للصخر السطحى صخراً متداخلاً مقابلاً له يشابه فى التركيب الكيمائى وإن اختلف عنه فى نسيجه Texture.

كيفية وجود الصخور السطحية:

الحمم الدافقة Lava Flow:

تتدفق الحمم إما من فوهة بركانية أو من شق فى القشرة الأرضية وتسيل بعد ذلك على جوانب الشق أو فتحة البركان وتتوقف سيولة الحمم غالباً على تركيبها فالحمم الحامضية التركيب إذا ما ارتفعت درجة حرارتها فوق درجة الانصهار تظل لزجة لوقت طويل بينما تصبح الحمم القاعدية التركيب مائعة بسهولة فى ظروف متماثلة.

التوفا البركانية – البريشيا البركانية – المجمعات البركانية:

وتنشأ هذه الرواسب النارية Pyrcclastic debris من تجميع المقذوفات البركانية الصلبة بعد قذفها عالياً فى الهواء.

كيفية وجود الصخور المتداخلة:

١- **باثوليت Batholith:** وهى كتلة كبيرة ذات حجم ضخم توجد على أعماق كبيرة تحت سلاسل الجبال العظيمة وتكون أسفلها عادة قبية الشكل، وجدرانها شديدة الانحدار.

٢- **لاكوليث Laccolith:** يتداخل الصخر السائل بين الأسطح الضعيفة للصخور الرسوبية مسببا تقوس الطبقات الموجودة فوق الصخر المتداخل إلى أعلى بينما تظل أرضية الصخر المتداخل مستوية فى الغالب – قد يصل قطر اللاكوليث إلى عدة أميال.

٣- **السدود العمومية Dykes:** وهى كتل مائلة أو عمودية من الصخر السائل تقطع طبقات رسوبية أو صخور نارية أخرى فى وضع عمودى تقريباً – وتتكون السدود العمودية من امتلاء الشقوق أو الفوالق فى هذه الصخور بالقطر السائل المندفع من باطن الأرض – يختلف سمك السد من أقل من بوصة إلى مئات الأقدام ولكنه يتراوح فى المتوسط بين قدم وثلاثة أقدام.

٤- **السدود الأفقية Sills:** تختلف عن السدود العمودية فى وضعها الأفقى فيتداخل الصخر السائل ليأخذ وضعاً أفقياً بين الأسطح الضعيفة للطبقات الرسوبية وقد يقطع الصخر السائل المتداخل طبقات أعلى من الطبقات التى تداخل بينها أولاً.

النسيج المميز للصخور الجوفية:

تتميز الصخور النارية الجوفية عادة بخشونة الحبيبات وذلك بسبب ظروف تبريدها البطئ فى الأعماق البعيدة عن السطح وتصبح الصخور الجوفية بسبب نفس الظروف كاملة التبلور Holocrystalline أى أنها تتكون كلها من معادن متبلورة .

وتتميز الصخور الجوفية بنسيج تحت كامل الهيئة Hypidiomorphic حيث تكون بعض البلورات المكونة للصخر كاملة الهيئة Idiomorphic أى لها شكل بلورى واضح المعالم والأوجه ظاهرة مميزة – أما بلورات بقية المعادن البلورية المكونة فهي مختلفة الشكل Allotriomorphic تملأ الفراغات الموجودة بين البلورات الكاملة الهيئة والسبب فى ذلك أن

بلورات المعادن القاعدية وبلورات المعادن غير الأساسية بردت وتبلورت أولاً فنمت بلوراتها بحرية وأخذت بلوراتها أسطحاً بلورية واضحة ثم تلتها المعادن الأكثر حامضية فملأت الفراغات التى وجدت بين بلورات المعادن القاعدية حيثما كان ولم تتمكن من أن تكون أشكالاً بلورية مكتملة.

النسيج المميز للصخور السطحية:

تتميز الصخور السطحية بتغير أساسى فى درجة حرارتها أثناء برودتها فبعد أن كان الصخر السائل على درجة حرارة عالية فى جوف الأرض خرج فجأة إلى السطح حيث هبطت حرارته هبوطاً فجائياً فنشأ عن ذلك نسيجاً صخرياً مميزاً لهذه الظاهرة.

ولذلك نجد أن الصخور السطحية تتميز عادة بنسيج زجاجى ولكن الأجزاء الوسطى من الحمم البركانية تتبلور ببطء نسبى فيتكون لها نسيج كامل التبلور Holocrystslline وإن كان دقيق الحبيبات Microcrystalline fine grained وقد يصبح نسيج بعض الصخور السطحية ممثلاً للنسيج المميز للصخور تحت السطحية Hypabyssal وهو النسيج المعروف بالنسيج السماقى أو البورفيرى Porphyritic texture.

النسيج المميز للصخور تحت السطحية:

يعرف النسيج المميز للصخور تحت السطحية بالنسيج البورفيرى أى أن الصخر يتكون من بلورات كبيرة ذات أوجه بلورية واضحة Phenocrysts فى وسط من الزجاج أو من بلورات صغيرة Microcrysts وينشأ النسيج البورفيرى نتيجة التغير فى الظروف المحيطية بالصخر السائل أثناء برودته فالبلورات الكبيرة ذات الأوجه البلورية الواضحة Phenocrysts تكونت تحت ظروف من التبريد البطئ حينما كان الصخر السائل فى أعماق بعيدة تحت السطح – فلما تداخل الصخر السائل بين طبقات الصخور القريبة من السطح وأصبح التبريد سريعاً تبلور باقى الصخر فى حبيبات دقيقة أو لم يتبلور كلية بل كزجاج إذا ما كان التبريد الثانى فجائياً ودرجة حرارة الصخر السائل منخفضة جداً.

تقسيم الصخور النارية حسب تركيبها الكيميائى:

تقسم الصخور النارية على أساس ما تحتويه من نسبة ثانى أكسيد السليكون أى السليكا إلى الأقسام الآتية:

١- صخور حمضية **Acidic rocks**: تحتوى على أكثر من ٦٦% سليكا ومنهـا الجرانيت.

٢- صخور متوسـطة **Intermediate rooks**: نسبة السليكا بها ٦٦% - ٥٢% ومنها الديورايت.

٣- صخور قاعدية **Basic rocks**: تحتوى على السليكا بنسبة أقل من ٥٢% مـن تركيبها ومن أمثلتها البازلت.

٤- صخور فوق القاعدية **Ultra-basic rocks**: نسبة السليكا بها أقل من ٤٠% ومن أمثلتها البريدوتايت.

المعامل اللونى Colour index:

إن المعامل اللونى لصخر ما إنما هو تعبير عن نسبة المعادن الداكنة اللـون التـى يحتويها الصخر مقدرة على مقياس يتدرج من صفر إلى ١٠٠%.

النسيج Texture:

النسيج هو ما يبين المظاهر الهندسية للوحدات التى يتكون منها الصخر أى أن كلمة نسيج تشير إلى شكل وترتيب وتوزيع المعادن فى الصخر وتستخدم الاصطلاحات الوصـفية التالية غالباً للدلالة على ذلك:

١- النسيج الحبيبى Granular texture:

حيث تكون الحبيبات بالصخر متساوية الحجم حيث شكل كل الحبيبات تقريباً لها نفس الحجم ومتشابهة لحد ما.

٢- النسيج الميرقش Poikelitic texture:

حيث نجد أن معدن ذو حبيبات كبيرة تكتنف أو تحتوى بداخلها على حبيبات أصـغر من معادن أخرى.

٣- النسيج الاختراقي Ophitic texture:

وهو نسيج ناشئ عن تداخل بلورات رفيعة من البلاجيوكليزفي بلورات كبيرة من البيروكسين فى الصخور النارية.

٤- النسيج البورفيرى Porphyritic texture:

ويتكون من بلورات كبيرة واضحة منتشرة وسط معادن لها بلورات دقيقة صغيرة. أى نجد بلورات كبيرة بارزة كبيرة الحجم تامة الشكل (Phenocrysts) راسخة فى أرضية دقيقة التبلور أو حتى زجاجية.

٥- نسيج انسيابى Flow or fluidal texture:

غالباً يتواجد فى الصخور البركانية وهو يشير إلى مادة سابقة الانصهار بها خطوط انسيابية تتكون من ترتيب شبه متواز لبلورات منشورية.

أى أن المصطلح يشير إلى بلورت صفائحية أو مستطيلة ترتبت بفعل الانسياب الصهيرى.

البنية الطباقية Banded structure:

والبنية الطباقية أو الرقائقية أو الشريطية ينطوى فيها الصخر على رقائق من تركيبات معدنية متباينة بحيث تبدو على السطح كنطاقات أو حزم مختلفة اللون والنسيج.

البنية الحويصلية Amygdaloidal structure:

الصخر و البنية الحويصلية يحتوى على فجوات أو حويصلات نتجت بفعل هروب الغازات وتظهر الحويصلات فى صورة مستديرة كروية أو بيضية أو مستوية وعندما تمتلئ تلك الفجوات بمعادن ثانوية تسمى البنية عند ذلك بالبنية اللوزانية Amygdal

الصخور الدخيلة Xenoliths:

وهى كرات من الصخور ذات أصل غريب التقطتها الصهارة أثناء تداخلها فى صخور المنطقة. ويمكننا القول بأنها قطع من الصخور تتواجد فى وسط تكوين صخرى يختلف عنها فى النوع وتتواجد فى صور أشكال مختلفة منها المستدير والبيضى والعدسى وأيضاً تختلف أحجامها من بضع سنتيمترات إلى العديد من الأمتار.

وهذه المكتنفات الصخرية الدخيلة قد تدلنا على مصدر هذه الصخور المتواجدة فيهـا وطبيعة الصخور التى تكونت منها.

الصخور الرسوبية Sedimentary rocks:

تتكون الصخور الرسوبية عند تعرض سطح الأرض بما يحتويه من صخور مختلفة لهجمات من عوامل التجوية Weathering (عمليات تفتت وتحلل الصخور بتأثير التقلبـات الجوية) والتعرية Erosion (وهى النحات وهو العمل الجيولوجى التى تحدثه المواد فى سطح الأرض حين نقلها بعوامل التعرية المختلفة) مثل الأمطار والأنهار والرياح والثلوج المتحركة.

وتساعد هذه العوامل الفيزيائية أو الطبيعية على إتمام عمليات التعريـة والتجويـة، عوامل التحلل الكيميائى بواسطة المياه تحت السطحية كل تلك العوامل من شـأنها أن تكسـر أعتى الصخور وأقسامها لينتج منها فتات صخرى وعادة ينقل هذا الفتات بواسطة الأنهـار أو الرياح وفى النهاية فإن تلك المواد المفتتة يشار إليها على أنها عبارة عن تجمع لتلك المـواد الفتاتية فى تكوينات قد تبلغ عدة كيلومترات سمكاً لتعطى فى النهاية مـا تسـمى الصـخور الرسوبية.

وتتكون الصخور الحيوية من التجمع التدريجى لهياكل الحيوانـات البحريـة مثـل الصدفيات والاسفنجيات والتى تتكون هياكلها أساساً من كربونات الكالسيوم.

ويمكننا القول أن الصخور الرسوبية هى الصخور التـى تكونـت نتيجـة النشـاط الكيماوى أو الآلى لعوامل التعرية والتى ترسبت تحت ظروف عادية من الضغط والحـرارة بعد أن كانت عالقة أو مذابة فى الماء والهواء كما تكونت الصخور الرسوبية فـى ظـروف وبيئات مختلفة ولذا كان تكوينها وتركيبها الكيماوى والمعدنى فى غاية التباين وأصبح تقسيمها إلى أقسام وفروع من الصعوبة نظراً للتدريج الواضح من نوع لآخر واختلاط المواد المختلفة ذات التركيب المتباين والمتكونة فى أوساط بعوامل مختلفة – ولكن بالرغم مـن كـل هـذه الصعوبات فلا بد من اتباع طريقة للتقسيم حتى ولو كانت لمجرد التسهيل فى الدراسة.

تقسيم الصخور الرسوبية:

تقسم الصخور الرسوبية على أساس عوامل الترسيب إلى مجموعتين:

١- صخور رسوبية : تكونت بفعل عوامل ترسيب طبيعية وتعرف Clastic rocks.

٢- صخور رسوبية : تكونت بفعل عوامل ترسيب كيميائية.

ويدخل تحت القسم الثاني الرواسب المكونة نتيجة لنشاط عضوى.

وتقسم صخور الترسيب الطبيعى Physical deposition rocks إلى الأقسام الآتية على أساس حجم الحبيبات المكونة لها:

١- **رواسب طبيعية خشنة الحبيبات Coarse grained clastics** : أحجام الحبيبات ٢مم أو أكثر. وللحبيبات مسميات مختلفة ولكنها تعرف عامة بالحصى gravel.

٢- **رواسب طبيعية متوسطة الحبيبات medium grained clastics**: أحجام الحبيبات ٠,٦٣ إلى ٢ مم وتعرف عامة بالرمل.

٣- **رواسب طبيعية دقيقة الحبيبات Fine grained clastics**: أحجام الحبيبات ٠,٦٣ مم أقل وتكون ما يعرف بالغرين والطين Silt and clay.

وتقسم الصخور الرسوبية على أساس التركيب الصخرى إلى الأقسام الآتية:

(١) صخور رملية arenaceous rocks.

(٢) صخور طينية argillaceous rocks.

(٣) صخور جيرية calcareous rocks.

(٤) رواسب ملحية salt deposits.

(٥) صخور كربونية carbonaceous.

١. الصخور الرملية:

تتكون من كتل من الرمال المفككة أو مواد خشنة الحبيبات قد تلتصق مع بعضها بمادة لاصقة تضم هذه المجموعة عدداً كبيراً من الأنواع تتوقف على شكل وحجم الحبيبات المكونة لهذه الحبيبات – كما تتوقف على المواد اللاصقة Cementing substances التى تلتصق الحبيبات ببعضها.

تشمل هذه الأنواع الرواسب الخشنة الحبيبات التى ترسبت من المياه القليلة العمق أو ترسبت على سطح الأرض وهى:

(أ) الرمل Sand:

جزيئات معدنية خشنة يختلف قطرها من مط إلى ٢ مم – يتكون الرمل من عدد من المعادن أهمها الكوارتز الذى يصعب تأثره بعوامل التعرية – كما يتكون من الميكا والفلسبار والهوربلند والاوجايت والماجنتايت وغيرها من معادن الصخور النارية والمتحولة.

قد يحتوى الرمل كذلك على جزئيات مفتتة من قشور أو هياكل الحيوانات – يتوقف حجم وشكل الحبيبات الرملية على الظروف التى تكونت وترسبت فيها.

١- فرمال الأنهار الجليدية لها حروف حادة وذلك لأنها لم تتعرض لحركة كثيرة.

٢- أما الرمال المترسبة فى المياه فحروفها ذات أركان مستديرة.

٣- رمال الصحارى كاملة الاستدارة وذلك لأنها نقلت كثيراً من مكانها بفعل الرياح واحتكت ببعضها وبالصخور التى ترسبت عليها فاستدارت أركان الحبيبات أولاً ثم أصبحت الحبيبات نفسها كذلك كاملة الاستدارة.

(ب) الحجر الرملى sandstone:

يتكون الحجر الرملى من حبيبات مستديرة أو ذات زوايا حادة ملتصقة مع بعضها ومتماسكة لاصقة أهمها الكوارتز – الليمونايت والكالسايت.

ويسمى الحجر الرملى سيليسى Siliceous sandstone إذا كانت المادة اللاصقة هى كوارتز أى سليكا أما إذ كانت المادة اللاصقة حديدية ممن الليمونايت أو الهيماتيت أو الماجنتيت فيسمى حجر رملى حديدى Ferruginous sandstone ويتكون الحجر الرملى الجيرى من حبيبات رملية ملتصقة ومتماسكة بمادة جيرية ككربونات الكالسيوم.

(ج) الجريت Grit حصباء أو حجر الطاحون:

صخر شديد الصلابة يتكون من حبيبات رملية ذات زوايا حادة ملتصقة مع بعضها ومتماسكة بمواد جيرية أو سيليسية أو حديدية ونظراً لشدة صلابة الصخر فإنه يستعمل فى صناعة حجر الطاحون.

(د) اركوز **Arkose:**

هو حجر رملى حبيباته متوسطة ينشأ مـن تعريـة الصـخور الناريـة الحمضـية كالجرانيت ويتكون من فتات المرو والفلسبار فى وسط كاولينى وتزيد نسـبة الفلسـبار عـن ٢٥% وتلتصق حبيباته بمادة لاصقة سيلسية ويلزم لتكون الاركوز الظروف الآتية:

١- أرض جرانيتية.

٢- ظروف مناسبة للتفتيت وتحلل بسيط للحبيبات المفتتة.

٣- ظروف للنقل مناسبة لا تفقد المواد المفتتة كثيراً من فلسبارها.

(ه) جريواكية **Gerywacke:**

هذا الصخر هو حجر رملى أو جريت تكون نتيجة تفتت صخور نارية قاعدية وعلى ذلك فهو يحتوى على كثير من حبيبات البيوتايت والهورنبلند والماجنتايت . فالجريواكية هـو الصخر الحديدى المغنيسى المقابل للاركوز. وتنحصر قيمة نسبة حبات الفلسـبار بـين ١٠- ٥٠% وتوجد فى وسط مادة كلورايتية تكون غالباً أكثر من ٢٠% من كل الصخر.

(و) البريشيا **Breccia:**

تتكون البريشيا من قطع صخرية حادة الزوايا ملتصقة مع بعضها بمادة لاصقة قـد تكون رملية أو طينية أو جيرية أو سيليسية أو حديدية. تكونت البريشـيا فـى البحيـرات أو الخلجان المحمية حيث لم تتعرض القطع الصخرية لتأثير التيارات البحرية القوية ولم يتم نقلها إلى مسافات كبيرة من موقع تكونها.

(ز) الكونجلوميريت **Conglomerate** (الرصيص):-

يتكون هذا الصخر من قطع صخرية أركان زواياها مستديرة بفعل تقلبها واحتكاكهـا ببعضها وتلتصق هذه القطع الصخرية بمواد لاصقة مختلفة تجعل هذا الصخر المترسب قرب الشاطئ أو فى مجرى الأنهار صخراً متماسكاً.

٢. الصخور الطينية **Argillaceous or muddy rocks:**

تتكون الصخور الطينية من رواسب يقل قطر حبيباتها عـن $\frac{١}{٢٥٦}$ مـم تترسب هذه الصخور فى مياه متوسطة العمق ولكنها أكثر عمقاً من المياه التى تترسب فيهـا

الصخور الرملية، تتكون الصخور الطينية نتيجة تفتت وتحلل السيليكات وخاصة سليكات الألومينا المائية.

تنقسم هذه الصخور إلى طينية خشنة وطينية دقيقة ويعرف القسم الخشن الحبيبات بالغرين Silt، أما القسم الدقيق الحبيبات فيسمى طين Clay.

(أ) **الغرين: Silt**: يتكون من حبيبات قطرها يتراوح بين $\frac{١}{١٦}$ $\frac{١}{٢٥٦}$ مم.

(ب) **الطين Clay**: حبيباته دقيقة جداً قطرها أقل من $\frac{١}{٢٥٦}$ مم.

أهم مكونات الطين هى سليكات الألومينا المائية – ثانى أكسيد السليكون – أكاسيد الحديد والألمنيوم .. إلخ.

(ج) الحجر الطينى Mudstone:

هو صخر يتكون من الطين الذى ترسب فى قاع البحر عند الأنهار ويحتوى على مواد عضوية ذات اصل كربونى وعلى جزئيات معدنية أهمها الكوارتز – الميكا – الفلسبار – زيركون.

(د) الحجر الطينى الصفحى Shale:

صخر ينشأ عن ضغط الحجر الطينى وانفصاله فى طبقات أو صفائح رقيقة موازية للمستوى الطبقى يوجد نوع من الحجر الطينى الصفحى يعرف بالحجر الطينى الصفحى الكربونى أو الأسود لونه اسود أو أزرق غامق ويحتوى على نسبة كبيرة من المواد العضوية قد تكون مادة فحمية أو بترولية يمكن استخلاصها.

(ه) الكاولين أو الطين الصينى Kaolin:

صخر يتكون من سليكات الألومينا المائية النقية – لونه أبيض – يوجد عادة فى المناطق الجرانيتية حيث يمكن تكون سليكات الألومينا المائية نتيجة تحلل الفلسبار الأورثوكليزى ثم تركيزه بواسطة مياه الأمطار أو المجارى المائية فى طبقات – وجد الكاولين فى عروق الصخور الجرانيتية.

(و) **الطين الحراري Fire clay:**

لوحظ أن الصخور الطينية التى توجد تحت طبقات الفحم تكون خالية من الجير والقلويات والحديد التى استهلكتها النباتات التى كونت الفحم أثناء نموها ويصبح لها بذلك خواص مقاومة للاحتراق Refractory.

(ز) **الطفلة Marl:** حجر طينى يحتوى على نسبة من كربونات الكالسيوم تتراوح بين ٥-٢٠%.

(ح) **لاتيرايت Laterite**

طين حديدى أحمر يوجد فى كثير من البلاد الإستوائية وتحت الاستوائية. يتكون نتيجة التحلل الهوائي للصخور فى مكانها وخاصة الصخور الموجودة فى مناطق الغابات حيث يكون رشح الماء قليلاً فتتركز الأكاسيد الحديدية وتذهب السليكا.

تقسيم الصخور الرسوبية على أساس الحجم

أكثر من ٢٥٦ مم	جلمود (رصيص أو كنجلوميرات)
٢٥٦ - ٦٤ مم	زلط (رصيص زلطي)
٦٤ - ٤ مم	حصي (رصيص حصوي)
٤ - ٢ مم	حصي صغير أو رمل حصوي
٢ - $\frac{1}{16}$ مم	رمل (حجر رملي)
$\frac{1}{16}-\frac{1}{256}$ مم	غرين (حجر غريني)
أقل من $\frac{1}{256}$ مم	طين (طفلة أو صخر طيني)

٣. **الصخور الجيرية Calcareous rocks:**

هي صخور ذات صفات ونشأت متباينة تحتوى علي كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم لا تقل عن ٥٠% تتكون الصخور الجيرية إما من الكالسايت أو الدولومايت وتسمى تبعاً للنسبة الغالبة من المعدنين حجر جيرى كالسايتى أو حجر جيرى دولومايتى.

الحجر الجيرى Limestone:

صخر لونه أبيض أو رمادى إذا كان نقياً ولكنه غالباً يحتوى على شوائب مختلفة تغير كثيراً من لونه – فالشوائب الحديدية تعطيه ألواناً صفراء أو حمراء – والشوائب الكربونية أو الإيدوكربونية تكسبه لوناً أسود أو أزرق – بينما تكسبه شوائب السليكات لوناً أخضر.

يختلف نسيج الحجر الجيرى إختلافاً كبيراً فبعض الأنواع دقيقة الحبيبات جداً وبعضها كامل التبلور.

تكوين الحجر الجيرى:

معظم أنواع الحجر الجيرى ذات أصل بحرى ولكن بعضها يترسب فى البحيرات أو الأنهار – و يمكن تقسيم الأحجار الجيرية المعروفة إلى القسمين الآتيين:

(١) أحجار جيرية متكونة مباشرة من عمليات عضوية.

(٢) أحجار جيرية كيميائية أو غير عضوية.

١- الأحجار الجيرية ذات الأصل العضوى:

تتكون هذه الأحجار الجيرية نتيجة تراكم قشور وهياكل كائنات مائية مختلفة بعد موتها وتتركب هذه القشور والهياكل أساساً من أربعة مواد هى:

كربونات الكالسيوم – كربونات المغنسيوم – ثانى أكسيد السليكون وفوسفات الكالسيوم مرتبة حسب أهميتها.

الطباشير: Chalk نوع من الحجر الجيرى ناعم الملمس مسامى أبيض أو رمادى يتكون من قشور وهياكل حيوانات صغيرة مثل هياكل الحيوانات الأولية المعروفة بالفورامنفرا.

الصخر السرئي (البطروخي) Oolitic rocks: وهو صخر مكون من حبيبات تتجمع مع بعضها كتجمع سرء السمك (بيض) فى الهيئة المعروفة بالبطروخ.

٢- الأحجار الجيرية غير العضوية:

تحتوى المياه الخارجة من الينابيع بيكربونات الكالسيوم الذى هو أكثر قابلية للذوبان فى الماء من الكربونات – كما أن كثيراً من المياه الطبيعية التى ترشح فى مناطق جيرية تصبح مركزة بالبيكربونات فإذا ما وصلت مياه هذه الينابيع إلى سطح الأرض يقل الضغط عليها ويتبخر جزء منها فتتحول البيكربونات إلى كربونات تترسب على شكل رواسب حجرية أسفنجية تسمى توفا Tufa.

وتتكون الأعمدة الجيرية المدلاة من سقوف الكهوف والمسماة أستلاكيت Stalactites أو الصاعدة من أرضيتها والمسماة أستلاجميت Stalagmites بطريقة مماثلة أما الترافرتين Travertine وهو الراسب الجيرى المتكون من مياه الينابيع الحارة فينشأ عن تبخر المياه المحملة ببيكربونات الكالسيوم التى كانت ذائبة فى المياه الحارة والتى كانت أصلها من كائنات حية رسبت الكربونات فى أنسجتها أثناء حياتها ثم تجمعت وتركزت مكونة رواسب جيرية بعد موت هذه الكائنات (الطحالب).

٣- الدولومايت Dolemite:

يتكون هذا الصخر من كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم بنسبة ١:١ فى الحالة المثالية ولكن الأغلب أن يكون هناك تدرج كامل فى نسبة هذين المركبين تتم عملية تكوين الدولومايت بالتبادل الكيمائى بين الحجر الجيرى المركب من كربونات الكالسيوم وبين الماجنزيوم الموجود فى ماء البحر حسب المعادلة الآتية :

$$CaCO_3 + MgCO_3 = CaMg(CO_3)_2 + CaCO_3$$

٤- الصخور الكربونية Carbonaceous rocks:

رواسب عضوية تحتوى على بقايا نباتية وحيوانية – تتميز خاصة باحتوائها على نسبة عالية من الكربون الحر أو المتحد مع الأيدروجين على هيئة أيدروكربونات.

أهم هذه الصخور هي الفحم والطين الكربوني والحجر الطينى الصفحى الكربونى لكثير من هذه الصخور لون أسود ولكن غالبية ألوانها بنية أو حمراء.

تنشأ الصخور الكربونية نتيجة تراكم بقايا كائنات نباتية وحيوانية - بعضها فوق بعض خلال أزمنة كثيرة - ويبدأ تحلل أجسام هذه الكائنات العضوية بعد موتها مباشرة - ويحدث هذا التحلل بواسطة عوامل مختلفة.

١- الفطر ٢- البكتريا ٣- طرق متباينة من التفتيت الميكانيكى.

كيفية تكون الفحم:

تهبط المناطق الساحلية أو الداخلية المنخفضة التى كانت تنمو عليها نباتات وتغمر المياه هذه الأراضى والنباتات التى عليها - يترسب فوق هذه النباتات المنغمرة رواسب طينية وجيرية مختلفة تتحلل أنسجة النباتات بفعل البكتريا - فى عملية أكسدة جزئية وتمر بعد ذلك فى عدة مراحل حتى يتكون الفحم.

مراحل تكون الفحم:

١- بيت Peat:

هو أول مرحلة بعد الأكسدة الجزئية للمادة النباتية بفعل البكتريا - فتتكون مادة أسفنجية ليفية تشبه الطباق أو الطين الدقيق المحبب ، تحتوى هذه المادة على نسبة كربون حوالى ٥٠% وتستعمل كنوع من الوقود الرخيص فى كثير من البلدان الأوروبية.

٢- ليجنايت Lignite:

يمثل الليجنايت المرحلة الثانية فى تكوين الفحم فهو أكثر صلابة من البيت ولكنه لازال يظهر التركيب النباتى الخشبى وله ثقل نوعى أقل من الفحم ولونه بنى ويحتوى على نسبة ٦٠% كربون .

٣- **الفحم البنى Brown Coal:** هو المرحلة التالية للجنايت فى مراحل تكون الفحم.

٤- **الفحم القطرانى Bituminous Coal:** هو النوع المستعمل فى الأغراض المنزلية ويحتوى على نسبة ٧٥-٩٠% كربون ولا تظهر به أى آثار خشبية نباتية.

٥- انثراسايت Anthracite:

هو أصلب أنواع الفحم وأحسنها ويحتوى ٩٥-٨٩% كربون وله بريق نصف معدنى ويمكن حمله دون أن يترك آثاره على الأصابع ويحترق بلهب خافت غير مدخن.

٥- الرواسب الملحية:

(أ) الملح الصخرى والجبس والأملاح البوتاسية

Rock Salt , Gypsum and Potassic Salts يأخذ الجبس فى الانفصال والترسيب من ماء البحر عندما يتبخر ٣٧% من هذا الماء – فإذا تبخر ٩٣% من الماء أخذ ملح الطعام فى الانفصال والترسيب – وقد يستمر التبخر بعد هذه المرحلة فتبدأ الأملاح البوتاسية ذات القابلية الشديدة الذوبان فى الانفصال – أهم معادن الأملاح البوتاسية التى تنفصل بهذه الطريقة هى سيلفاين وتركيبه كلوريد البوتاسيوم – كارنلايت وتركيبه البوتاسيوم وكلوريد الماجنزيوم وماء وكاينايت وتركيبه كلوريد بوتاسيوم + كبريتات مجنزيوم + ماء.

ومن أشهر الرواسب الملحية فى العالم رواسب أملاح ستاسفورت فى وسط ألمانيا حيث توجد رواسب سميكة من ملح الطعام والجبس ومركبات كثيرة من أملاح البوتاسيوم والمجنزيوم.

يوجد بالإقليم المصرى كذلك رواسب سميكة جداً من الجبس تنتشر فى أماكن متعددة فى الصحارى الشرقية على ساحل البحر الأحمر – كما توجد رواسب ملح الطعام والنطرون فى اماكن متعددة فى الصحراء الشرقية وعلى شاطئ البحر الأحمر وفى وادى النطرون فى الصحراء الغربية.

(ب) الرواسب السيليسية **Siliceous deposits**:

تتضح أهمية السيليكا فى تكوين الصخور الرسوبية عندما نعلم أن كمية السليكا التى تحملها الأنهار ومجارى المياه إلى البحار سنوياً تبلغ حوالى ٣٢٠ مليون طن.

الصوان والتشيرت Flint and Chert:

من أهم الرواسب المعروفة من الأزمنة الجيولوجية المختلفة لكثير من البلاد – الصوان هو صخر أسود أو رمادى شديد الصلابة له مكسر محارى وغير المتبلورة علاوة على نسبة المواد الكربونية.

ينتشر الصوان على شكل عقد فى كثير من الطبقات وخاصة طبقات الحجر الجيرى – ويحتوى على شوائب أهمها أكسيد الألومنيوم وكربونات الكالسيوم وكربونات المجنزيوم وكبريتور الحديد ولكن النسبة العظمى لتركيب الصوان هى ثانى أكسيد السليكون كما يتبين من التحليل التالى لعينة مختارة من الصوان.

ثانى أكسيد سليكون	%٩٨,١٧
ثانى أكسيد الألومنيوم وثانى أكسيد الحديد	%٠,٨٣
أكسيد الكالسيوم	%٠,٥
أكسيد المجنزيوم	%٠١

ويحتوى الصوان على مادة ملونة قد تكون موزعة بانتظام فى طبقات أو قد توجد ككتلة غير منتظمة. تحتوى العقد الصوانية أحياناً على حفريات مثل الأسفنج – البراكيوبودا والفورامنفرا تكونت العقد الصوانية نتيجة ترسيب السليكا فى مياه عذبة أو ملحة من مصدر عضوى ثم بترسيب كيميائى حول الجزء العضوى المترسب أولاً من مياه محملة بالسيليكا أو تتكون نتيجة احلال السليكا الموجودة فى محاليل سيليسية احلالا جزئياً محل بعض الرواسب الأخرى.

التشيرت: يطلق هذا الاسم على طبقة من الأنواع الجيرية غير النقية من الصوان المترسب من طبقات أو على شكل عقد.

الرواسب السيليسية الداياتومية Diatom Ooze:

تترسب هذه الرواسب فى المياه العذبة أو الملحية ويتكون أكثرها من ترسب وتجمع الهياكل السيليسية للطحالب المعروفة بالدياتوم.

يستعمل هذا الراسب فى صناعة مواد التلميع ومعجون الأسنان وكماص لمادة النيتروجليسرين وفى المواد العازلة بدلاً من الاسبستوس .. إلخ.

(ج) الرواسب السيليسية الراديولارية Radiolarian Ooze:

تتجمع هذه الرواسب الطباشيرية الشكل والمكونة من بقايا هياكل الراديولاريا السيليسية فى المياه البحرية العميقة.

(د) الرواسب الفوسفاتية Phosphat deposits:

جوانو: Guano هى مادة خفيفة بنية لها رائحة نشادرية نفاذة - يتكون أغلبها من إفرازات الطيور والحيوانات الأخرى فى الأماكن الجافة.

توجد كميات كبيرة من هذه الرواسب على الجزر الصغيرة الواقعة غرب شاطئ بيرو الغربى حيث تستغل كمورد للسماد الطبيعى.

صخر الفوسفات Phosphate rock:

يتكون هذا الصخر غالباً من فوسفات كالسيوم مع شوائب مختلفة ويوجد فى طبقات أو كعقد فى الحجر الجير أو الحجر الرملى.

قد تصل نسبة الفوسفات فى طبقات الصخر الفوسفاتى إلى حوالى ٨٥% ويتكون هذا الصخر من ترسب أجزاء مختلفة من عظام الأسماك والزواحف التى كانت تعيش فى بحار قليلة العمق أو بفعل البكتريا الموجودة بكثرة فى مياه البحر على عظام هذه الحيوانات.

وقد تكون الفوسفات فى الطبقات الجيرية أولاً كرواسب منقطعة ثم اذابته المياه وحملته لتعيد ترسيبه فى أشكال أكثر تركيزاً.

توجد رواسب فوسفاتية هامة فى الإقليم المصرى فى الأماكن الآتية:

١- منطقة القصير - سفاجا على ساحل البحر الأحمر.

٢- منطقة السباعية - المحاميد فى وادى النيل.

٣- منطقة هضبة القرن.

٤- فى الصحراء الغربية عند الواحات الخارجة والداخلة "أبو طرطور".

(ه) الطفوح السطحية Surface efflorescences:

تنشأ هذه الرواسب نتيجة تبخر المياه الجوفية التى تصل إلى سطح الأرض بواسطة الخاصية الشعرية - ويحدث هذا فى المناطق الصحراوية ونصف الصحراوية مكوناً رواسب

مثل الكالش Caliche المعروف فى أمريكا الجنوبية والره Reh المعروف فى الهند والسبخ المعروف فى مصر وكلها رواسب ذات صفات متماثلة وتستعمل لصناعة الأسمدة.

بعض الخواص الفيزيائية للصخور الرسوبية:

للصخور الرسوبية صفات وخصائص فيزيائية محددة ومعروفة تظهر مثل ملامح خاصة تجعلها سهلة التمييز من الصخور الأخرى.

التطبق Stratification or Bedding:

أهم خاصية فى الصخور الرسوبية هو ميلها للتواجد على شكل طبقات وكل طبقة تنفصل عن غيرها عبر مستوى التطبق. Bedding Plane الذى يحدد السطح العلوى لأية طبقة ، كما أنه يحدد السطح السفلى للطبقة التى تعلوها مباشرة.

النسيج Texture:

ويتم تحديده بحجم وشكل وترتيب الحبيبات التى تكون الصخر الرسوبى فالرصيص (الكونجلوميرات) يتخذ نسيجاً خشناً والحجر الرملى يتخذ نسيجاً دقيقاً، وعموماً يسمى النسيج فتاتياً إذا تكون من حطام الصخور وشظايا المعادن أو لافتاتى إذا ما كان على قدر من التبلور أو التحبب.

علامات النيم Ripple Marks:

تنمو التموجات أو نيم الرمال بشكل شائع على سطوح الرمال أو قاع المجارى المائية. وهذه العلامات يمكن أن تمدنا ببعض المعلومات عن ظروف الترسيب عند لحظة تكون هذه الرسوبيات.

التشققات الطينية Mud cracks:

تشاهد تشققات طينية فى قاع البحيرات والبرك والمجارى المائية بعد جفافها وهذه الأشكال تعطى مظهراً يشبه خلايا النحل على سطح طبقات الطين الجاف ووجود هذه الشقوق محفوظة يوحى أن الصخر قد تعرض لفترات متبادلة من الفيضان والجفاف.

الدرنات الصخرية Concretions:

بعض أنواع الطفلة والحجر الجيرى والحجر الرملى تحتوى على أجسام صخرية كروية أو مبططة وهى صلب من الصخر المتواجدة فيه هذه الأجسام تسمى درنات وتوجد أحجام مختلفة منها من قطر ٢سم إلى عدة أمتار وهى تنمو عادة حول حفرية أو أي نواه أخرى وذلك عندما تترسب بعض المعادن من المياه الجوفية حول نواة مثل صدفة أو حصوة أو أى شئ آخر.

وتبقى هذه الدرنات عندما يتآكل الصخر من حولها نتيجة لأنها أصلب من الصخر المتواجد فيه.

اللون Colour:

كثير من الصخور الرسوبية التى يمكن تمييزها بسبب ألوانها البراقة الدالة على نوعينها.

ويعتمد لون الصخور أساساً على تركيبها الكيمائي فقد يلون الهيماتيت الصخور باللون الأحمر في حين يلونها الليمونيت باللون الأصفر وتلونها أكاسيد المنجنيز بدرجات مختلفة من اللون القرمزى.

وأيضاً قد يكسب الأكسدة بفعل التجوية الكيميائية لوناً أصفر أو بنياً على السطح المجوى لهذا الصخر.

الحفريات:

وهى بقايا أو دلائل وجود النباتات والحيوانات القديمة فى الصخور الرسوبية. وتمثل الحفريات فى العادة الأجزاء الصلبة القابلة للحفظ من الكائنات القديمة التى عاشت فى وقت ماض نفس المنطقة التى وجدنا فيها البقايا ومعظم الحفريات موجودة فى الصخور الرسوبية فهى نادراً ما تتواجد فى الصخور النارية أو المتحولة.

الجيودات:

يسمى الفراغ الكروى أو شبه الكروى الذى يمتلأ جزئياً أو كلياً ببلورات معدنية تتجه أطرافها للداخل باسم الجيود Geod أو الترجيل الصخرى وتتكون الجيودات بالطريقة التالية:

عند تكوين الطفلة أو الحجر الرملي وحدوث فجوات كروية بهذه الصخور وعند مرور محاليل المياه الجوفية المحملة بالمعادن تقوم بترسيب ما بها بداخل هذه الفجوات ويتم تكوين هذه الجيودات فى جوف الأرض وعند حدوث عمليات التعرية والتجوية للصخور يتم كشف الجيود على سطح الأرض.

ثالثاً: التحول والصخور المتحولة:

Metamorphism and Metamorphic rocks

التحول هو إعادة بناء الصخر نتيجة التأثير المشترك للمياه وارتفاع الحرارة والضغط وعلى ذلك لا يجب الخلط بين الصخور المتكونة نتيجة لعمليات التحول والتغيرات التى تحدث للصخر كنتيجة لعمليات التعرية المختلفة.

والأسباب الرئيسية التى تؤدى إلى تحول الصخور هى الحرارة والضغط والماء – أما الحرارة والضغط فيأتيان من ثلاثة مصادر كما يلى:

١- تداخل صخور نارية منصهرة.

٢- انثناء قوى للصخور الرسوبية.

٣- هبوط بعض أجزاء القشرة الأرضية بحيث تقترب من مناطق باطنية ذات درجات حرارة مرتفعة.

أما المياه اللازمة لاتام التحول فقد تكون من باطن الأرض مع الصخر السائل أو جوفية محفوظة فى الصخور الرسوبية التى تتعرض للضغط والحرارة.

وينقسم التحول إلى ثلاثة أنواع:-

١- تحول بالتماس Contact metamorphism

٢- تحول اقليمى Regional metamorphism

٣- تحول ديناميكى Dynamic metamorphism

وواضح أن هذا تقسيم غير طبيعى وغير موضوعى لأنه مبنى على أساس تكوينى ومرة على أساس جغرافى – فالتحول بالتماس أى التحول بالاحتكاك مع الصخور النارية المتداخلة وكذلك التحول الديناميكى مبنيان على أساس تكوينى لأن تداخل الصخور النارية

وكذلك الانثناء القوى للصخور الرسوبية هي الأسباب المباشرة المكونة للتحول - أما في التحول الاقليمى فالأساس المتخذ للتسمية هو أساس جغرافى يعنى التحول الذى يؤثر في مناطق شاسعة.

أما إذا أردنا تقسيم التحول على أساس واحد فيمكن تقسيمه مرة على أساس تكوينى إلى تحول بالتماس وتحول ديناميكى - ومرة أخرى على أساس جغرافى إلى تحول اقليمى وتحول محلى.

حلقة التحول Metamorphic aureole يحدث التحول فى الصخور التى تتداخل فيها المادة المنصهرة المتداخلة عن طريق الحرارة الشديدة والأبخرة المصاحبة لهذه الصخور المتداخلة.

ويكون تأثير التداخل النارى فى الصخور التى يتداخل فيها على أشده فى المناطق المجاورة لهذا التداخل ويقل تدريجيا كلما ابتعدنا عن منطقة التداخل - وينشأ عن هذا التداخل تكون منطقة حول الصخر المتداخل تعرف بحلقة التداخل Metamorphic aureole وهى تضم كل المناطق المحيطية بالتداخل النارى المتأثرة به والتى يتكون بها معادن جديدة نتيجة لذلك التداخل.

يتراوح اتساع هذه الحلقات من عدد قليل من الأمتار إلى الياردات وهو يتوقف على حرارة التداخل - ودرجة تبريده ونوع الصخر الذى حدث فيه التداخل - كما يتوقف على حجم الصخور النارية المتداخلة، فبينما يكون مقدار التحول الناشئ من تداخل سدود صغيرة ذا ضعف ملحوظ نجد أن للسدود الكبيرة واللاكوليث تأثير قوى واضح على الصخور التى تداخل فيها.

أنواع شائعة من الصخور المتحولة:

النايس Geneiss هو صخر متحول رباطى Banded خشن الحبيبات نشأ عن تحول صخر نارى أو صخر رسوبي ويتكون من الفلسبار - كوارتز - ميكا أو هورنبلند.

ومن الصفات المميزة للنايس كونه رباطى Banded أى أنه يتكون من أربطة من بلورات المعادن المكونة له - وإذا كانت هذه الأربطة غير واضحة أصبح الصخر قريباً من

الجرانيت – أما إذا كانت الأربطة رقيقة والنسيج قشرى Flaky أصبح النايس قريباً من الشيست.

يتراوح لون الصخر من الأبيض والأحمر والرمادى أو البنى أو الأخضر إلى الأسود وذلك تبعاً للمعادن المكونة له:

توجد أنواع مختلفة من النايس على أساس طريقة تكوينها أو تركيبها أو نسيجها أهمها هى :-

النايس الجرانيتى Granite gneiss وهو ناتج عن تحول الجرانيت.

النايس الديوراتى Diorite gneiss وهو ناتج عن الديورايت.

النايس الماسكوفايتى Muscovite gneiss وهو نايس يتكون من الكوارتز والفلسبار والماسكوفايت.

النايس الرباطى Banded gneiss وهذا النايس يبدو واضحاً النسيج الرباطى به Banded texture.

النايس الورقى Foliated gneiss وهو نايس يحتوى على طبقات رقيقة غير منتظمة.

الشيست Schist وهو صخر متحول من طبقات رقيقة قشرية متشابهة.

يتركب الشيست من الكوارتز ومن معدن أو أكثر من المجموعات – المعدنية الآتية: ميكا – كلورايت – تلك – أمفيبول – بيروكسين، بجانب بعض المعادن غير الأساسية مثل جارنت – شتورولايت – تورمالين – بايرايت – ماجنتايت .... إلخ.

لا يوجد الفلسبار عادة فى الشيست ولكنه قد يدخل فى تركيب بعض الأنواع الخاصة.

تتميز كل أنواع الشيست بالنسيج الشيستى Schistose texture حيث ينفصل الصخر إلى صفائح رقيقة قشرية فى اتجاه واحد.

توجد أنواع مختلفة من الشيست مسماة على أساس المعادن المصاحبة للكوارتز فنجد الشيست الميكائى – Mica schist والشيست الكلورايتى Chlorite schist والشيست الهورنبلندى Hornblende schist والشيست التلكى Talc schist إلخ .

ويختلف لون الشيست حسب لون المعادن الموجودة مع الكوارتز أيضـاً، فالشيست الميكائى لونه أبيض أو بنى والشيست الكلورايتى لونه أخضر، والشيست الهورنبلندى لونه يتراوح بين أخضر غامق وأسود.

الكوارتزايت Quartzite: صخر متحول عن الرمل أو الحجر الرملى ، شديد الصلابة متبلور ذو مكسر شظى Spllintery أو محارى Choncoidal.

يمكن تمييز الكوارتزايت عن الحجر الرملى بعدم وجود فراغات بين الحبيبات، وشدة صلابته وتركيبه المتبلور.

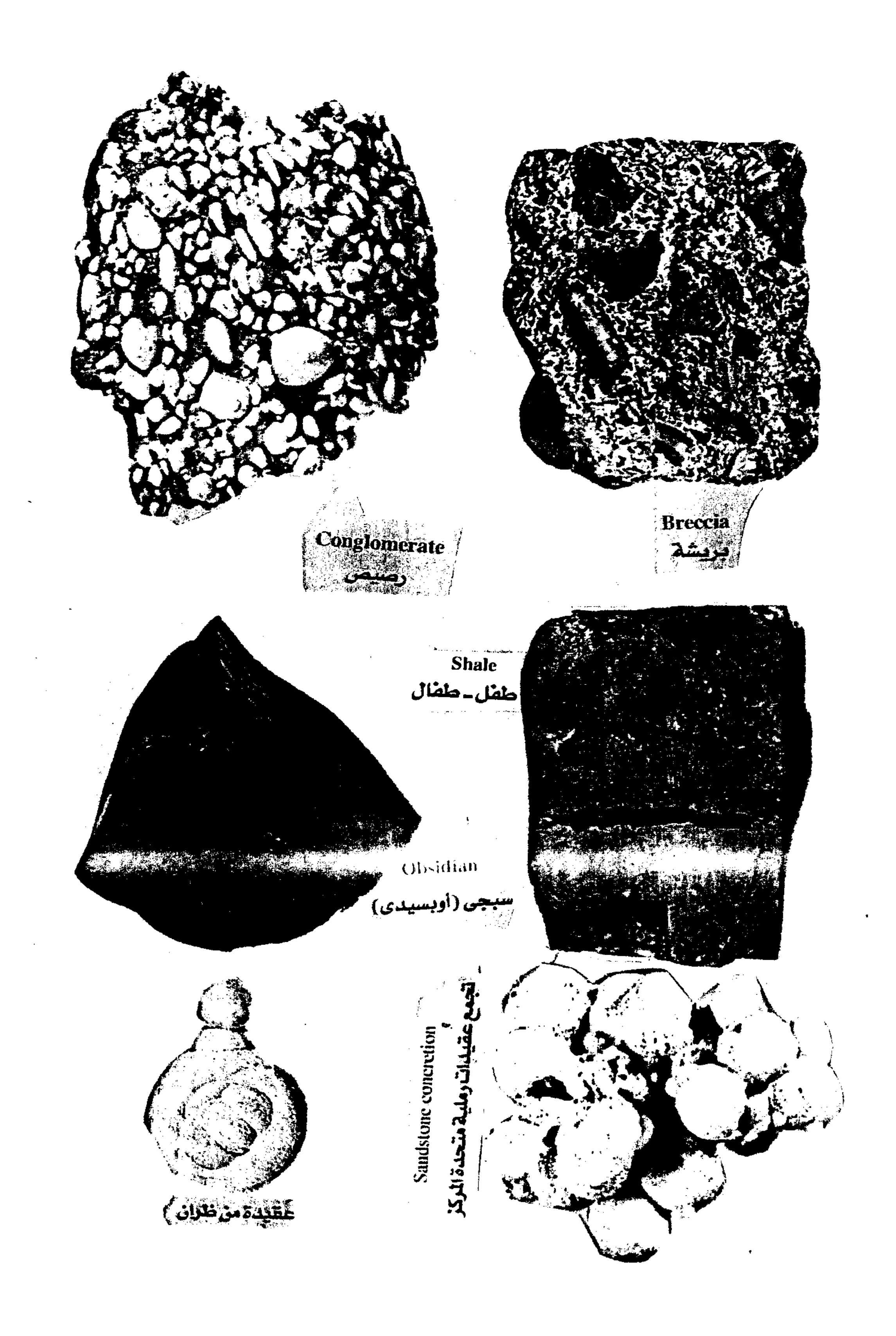
يتركب الكوارتزايت أساساً من الكوارتز ولكن بعض الأنواع تحتوى على شوائب من الفلسبار – ميكا – كيانايت – ماجنتايت – هيماتايت – كالسايت.

للكوارتزايت لون أبيض عندما يكون نقياً، ولكن يتراوح عادة بين الأحمر والأصفر والأخضر نظراً لوجود بعض المعادن غير الأساسية.

الأردواز Slate : صخر متحول دقيق الحبيبات متشقق إلى صفائح رقيقة أو سميكة تولدت بالصخر نتيجة تحوله – والأردواز هو المقابل المتحول للحجر الطينى الصفحى أو الحجر الطينى. ولونه متدرج من الرمادى للأحمر أو الأخضر أو الأسود نظراً لوجود شوائب من أكاسيد حديدية أو كلوريدات أو مواد كربونية.

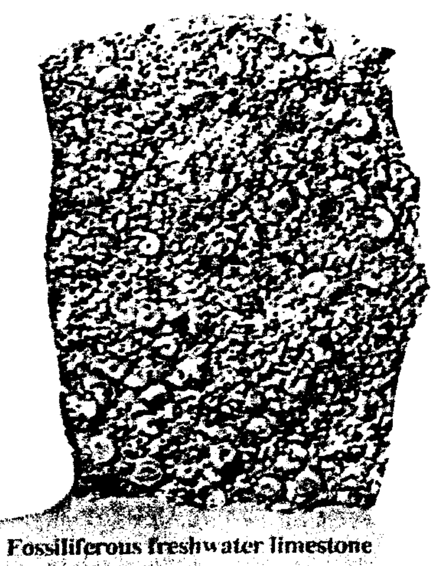
الرخام Marble: صخر متحول متركب أساساً من كربونات الكالسيوم أو مزيج من كربونات الكالسيوم والماجنزيوم.

يختلف لون الرخام من الأبيض إذا كان نقياً إلى الأحمر أو الأخضر أو الأبيض المخطط بالأسود الناتج من وجود جرافيت متحول إلى رخام ويحتوى الرخام على معادن غير أساسية مختلفة مثل الميكا – بيروكسين – امفيبول – ماجنتايت – سبنل – بايريت.

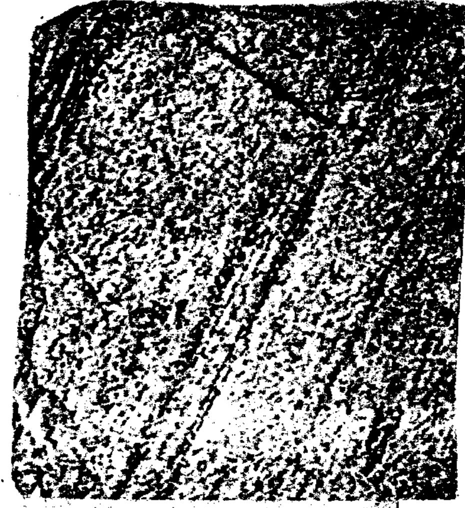

Conglomerate
رصيص
Breccia
بريشة
Shale
طفل - طفال
Obsidian
سبجي (أوبسيدي)
Sandstone concretion
تجمع عقيدات رملية متحدة المركز
عقيدة من طفال



Diorit
دیورایت



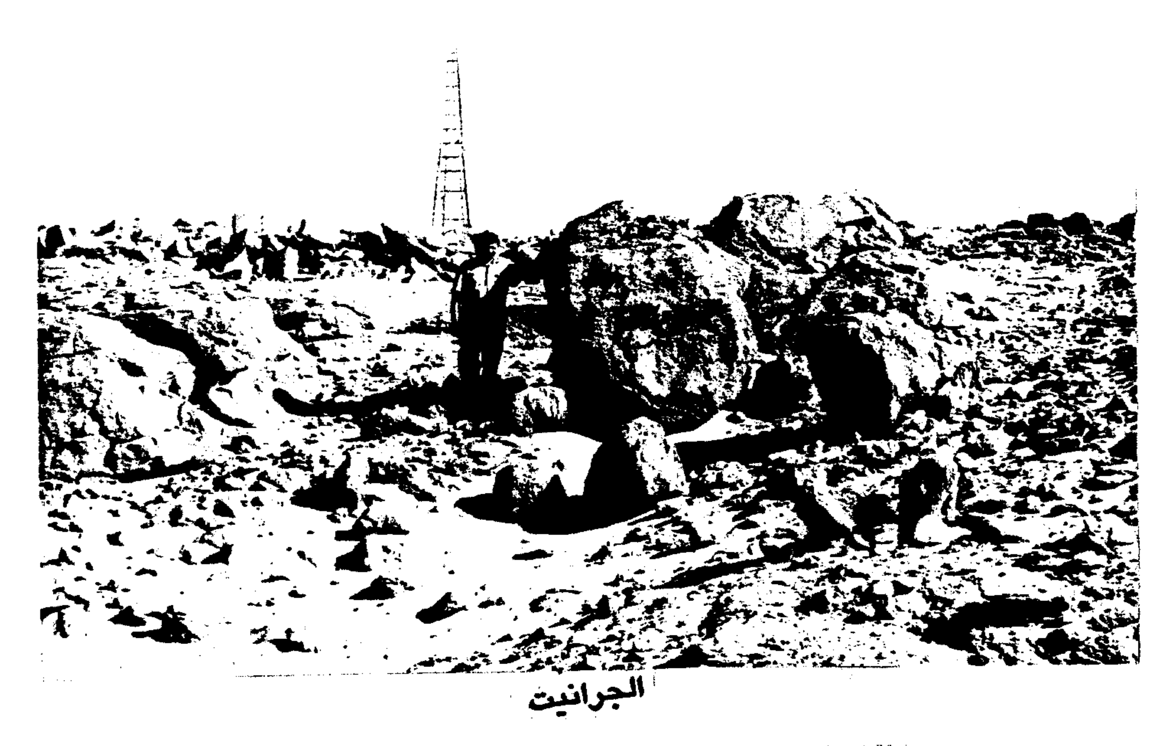
Fossiliferous freshwater limestone



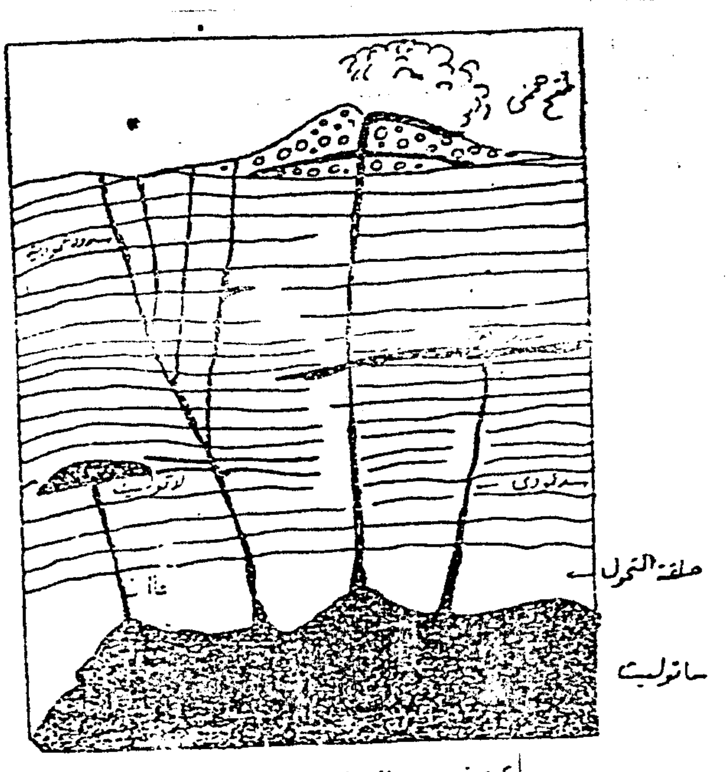
Quartz- muscovite biotite schist
شیست مروی موسکوفی بایوتایتی



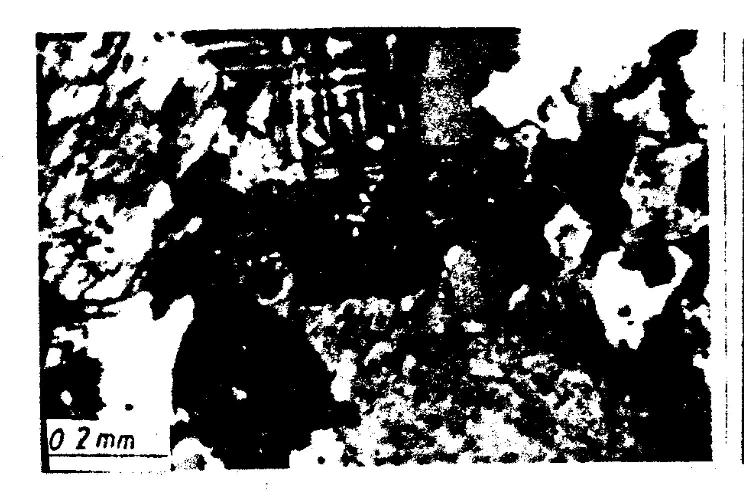
Folded sericite schist
شیست سیریسایتی مطوی

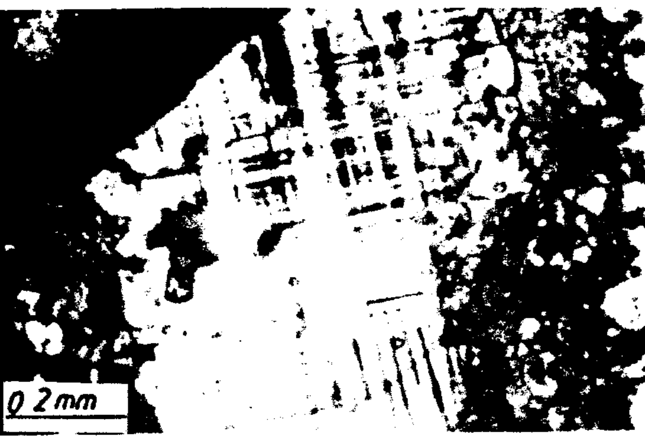


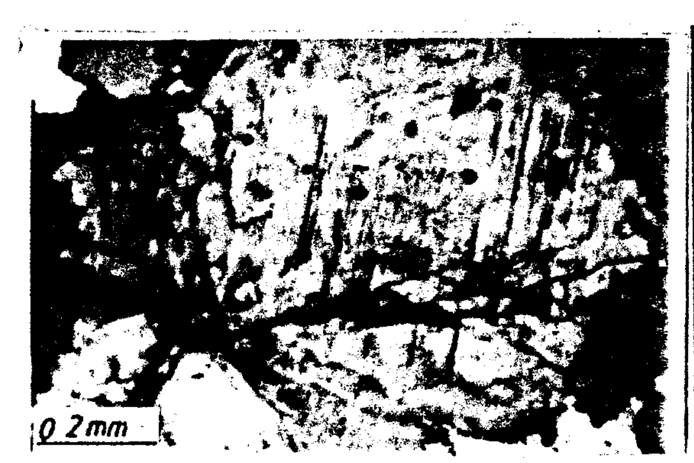
الجرانيت



كيفية وجود الصخور النارية (عن كرتالي ١٩٥٥)



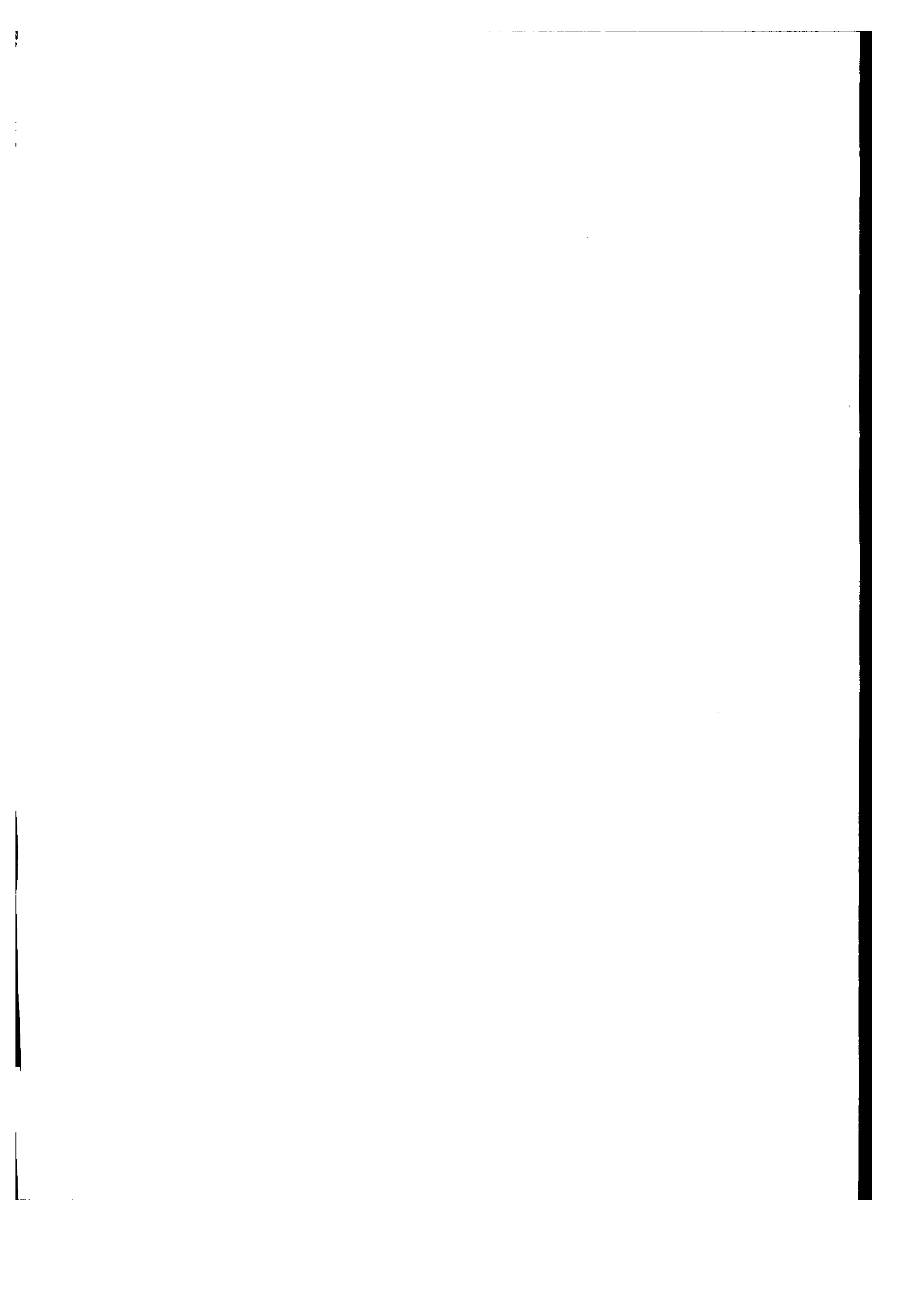






Photomicrograph of coarse grained granite

الباب الرابع
نظرية تكتونية الألواح



الباب الرابع

نظرية تكتونية الألواح

Theory of Plate Tectonic

تفترض هذه النظرية أن القشرة الأرضية (Crust) والجزء العلوي من الوشاح (The most upper mantle) تنقسم إلي عدد من الألواح الصلبة التي تغلف الكرة الأرضية وتتحرك حركة مماسية بالنسبة لبعضها البعض. وعلي هذا تكون الكرة الأرضية مغلفة تماماً بعدد ثابت من الألواح المحيطية (Oceanic) والقارية (Continental) ذات السمك الدقيق نسبياً (لا يزيد عن ١٠٠ و ١٥٠ كيلو متراً). ويمكن تقسيم القشرة الأرضية إلي ستة ألواح كبيرة وعدد كبير من الألواح الصغيرة.

هذا وتشير نتائج الدراسات التي أجريت باستخدام الموجات السيزمية إن سمك القشرة تحت المحيط يصل إلي ١٣ كيلو متر بينما يصل هذا السمك تحت القارات إلي حوالي ٣٥ كيلو متر في حين يصل هذا السمك إلي ٦٠ كيلو متر تحت الأحزمة الجبلية.

الحرارة المنبثقة من باطن الأرض

Heat Flame From The Interior of The earth

ويرى كثير من العلماء أن مصادر الطاقة المسببة للعمليات الداخلية (الزلازل والبراكين وحركة الألواح، ....الخ) هو الحرارة الموجودة في باطن الأرض والناشئة عن التحلل الذري لبعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم. ويقدر العلماء الحرارة المنبثقة من باطن الأرض كل عام بمقدار ١٠ * ٨٠ جول. وتفوق هذه الطاقة بكثير الطاقة المنبثقة من الزلازل و النشاط البركاني.

وتسمح الوسائل العلمية الحديثة بالقياس الدقيق لكمية الحرارة التي تنبثق من باطن الأرض في مناطق مختلفة قرب سطح القشرة الأرضية. والمعروف أن الحرارة تتزايد في باطن القشرة الأرضية مع العمق. ويسمى هذا التزايد بالتدرج الحراري الرأسي وهو يختلف في المناطق القارية عنه في المناطق المحيطية.

أنواع الحدود بين الألواح:-

ونظراً للحرارة العالية الناتجة عن تركز وانشطار العناصر المشعة المشار إليها في مناطق معينة تحت القشرة الأرضية (Crust) والجزء العلوي من الوشاح (The most upper mantle) إلي حدوث تيارات تؤدي إلي حركة الألواح بينما يري البعض الأخر أن البراكين وماتقذف به من بركانيات يكفي لحركة الألواح.

(١) حدود بناءة Constructive margins : وهي حدود تبتعد فيها الألواح بعضها عن بعض (حدود متباعدة divergent margins).

وينبثق علي طول هذه الحدود المادة الصخرية من الوشاح لتكوين قيعان المحيطات. وبذلك تزداد مادة الألواح علي طول هذه الحدود كلما تباعدت الألواح بعضها عن بعض، ويتميز النشاط البركاني الذي علي طول هذه الحدود كلما تباعدت الألواح بعضها عن بعض، ويتميز النشاط البركاني الذي يوجد علي هذه الحدود بأنبثاق لابة قاعدية basic Lava تشبه في تركيبها المعدني تركيب الوشاح. وتسمي هذه اللابة التي تنتشر في كثير من الأحيان علي قاع المحيطات "أوفيوليت" Ophiolites وتتسع قيعان المحيطات بأنبثاق هذه الصهارة التي تأتي من الوشاح أثناء حركة تباعد الألواح بعضها عن بعض. وتسمي هذه الظاهرة بظاهرة انتشار قاع البحار Sea Floor spreading، وتعد ركناً من أركان نظرية تكتونية الألواح.

والجدير بالذكر أنه عندما تصعد مادة الوشاح المنصهرة لتكوين قيعان المحيطات، تنقسم إلي طبقات مميزة نتيجة لتبريدها التدريجي. ونجد أن القشرة المحيطة تتكون من ثلاث طبقات مميزة من أعلي إلي أسفل:

١. طبقة رقيقة نسبياً من الرسوبيات.

٢. طبقة من البازلت (اللابة الوسادية) Pillow basalt وهي متكونة من طفوح بازلتية تنتشر علي قيعان المحيطات وتكون تراكيب مميزة تشبه الوسائد.

٣. طبقة مكونة من سدود متوازية من الجابرو تقطعها سدود قاطعة من البازلت ويشكل سمك الطبقتين الثانية والثالثة معاً حوالي تسعة كيلو مترات.

٤. ترتكز الطبقات السالفة الذكر علي الوشاح المكون من مادة تشبه في تركيبهـا المعـدني صخور البيريدوتيت Peridotite.

وتوقع القشرة المحيطية أحياناً في بعض المناطق التي تعرضت لحركات قوية قـرب سـطح الأرض، ولا سيما في مناطق الحدود الهدامة التي سنتاولها في الجزء القادم من هذة الفقرة.

ومن أشهر المناطق التي يمكن أن تدرس فيها القشرة المحيطية في مكاشـف علـس سـطح الأرض جزيرة قبرص في البحر الأبيض المتوسط وسلسلة جبال عمان في جنـوب شـرق الجزيرة العربية.

وتعتبر الحدود البناءة للألواح أماكن تكوين القشرة الأرضية، ولذلك تسـمي أحيانـاً "المنبع" Source (أي منبع تزويد للمادة المكونة للقشرة المحيطية). وتنتشر هذه الحدود فـي معظم الحالات بين لوحين محيطين، وتتكون علي طولها سلاسل جبلية مغمورة فـي قيعـان المحيطات ومتكونة من المادة البازلتية المنبثقة من الوشاح. وتسمى هـذه السلاسـل الجبليـة الحيود الوسط – محيطة mid – oceanic riges ، وأشهرها الحيد وسط الاطلنطي Mid – Atlantic ridge وتكون هذه الحيود متأثرة بصدوع عادية عديدة واسعة الانتشـار، تمتد موازية للحدود الواقعة بين اللوحين (وهي أيضاً عمودية علي أتجـاه حركـة الألـواح المتباعدة). وأحياناً تظهر بعض القمم البركانية للحيود الوسط – محيطي علي سـطح البحـر مكونة جزراً، وأشهر هذه الجزر وأكبرها جزيرة أيسلاند Iceland، التي تقع علـي امتـداد الجزء الشمالي للحيد وسط – الأطلنطي.

وأحياناً تقع الحدود البناءة بين لوحين قاريين، ومن أشهر الأمثلة لهذه الحالة وأبرزها البحـر الأحمر الذي يقع بين اللوحين الأفريقي واللوح العربي، وهو يمثل مرحلة مبكرة في تكـوين محيط بين كتلتين قاريتين.

(٢) النوع الثاني من الحدود هو الحدود الهدامة destructive margins

وهي حدود تقترب فيها الألواح بعضـها مـع الـبعض وتسـمي حـدود متقاربـة Convergent margins وتنزلق هذه الحدود لوح تحت اللوح الآخر، ثم يصل اللوح المنزلق إلي الوشاح ليذوب في الأعماق. بهذه الطريقة تتهدم المادة الصخرية المكونة للقشرة. وأحياناً

تسمي هذه الحدود أيضاً "بالبالوعة Sink" ، لأنها أمكنة أبتلاع للمادة الصخرية في باطن الأرض.

وتقابل في كثير من الأحيان في اللوح الواحد الحدود الهدامة حدوداً بناءة بحيث أن المادة الصخرية للألواح التي تذوب في الحدود الهدامة (البالوعة) تتكافأ مع كمية المادة التي تضاف إلي الألواح في الحدود البناءة (المنبع). ولكن لهذه الظاهرة شذوذ، فاللوح الإفريقي مثلاً له حدود بناءة (الحيد وسط – الاطلنطي في الغرب وحيد كارلزبرج Carlsberg في الشرق) علي طرفيه. ويمكن هنا التساؤل: هل تزداد في هذه الحالة دائرة محيط الكرة الأرضية نتيجة لزيادة المادة المكونة للقشرة في منطقة اللوح الأفريقي .... ؟

هناك أحتمال كبير أن دائرة محيط الكرة الأرضية لم يزداد زيادة تستحق الذكر أثناء التاريخ الجيولوجي. ولذلك فيجب أن تتكافأ كمية المادة الصخرية التي تغذي قيعان المحيطات أثناء عملية أنتشار قاع البحار في منطقتين الحيد وسط – الاطلنطي وحيد كارلزبرج بالإضافة إلي المادة المنبثقة في منطقة المحيط الباسفيكي الشرقي مع كميات المادة التي تذوب في الوشاح في مناطق غور بيرو وشيلي ومناطق الأغوار المحيطة الواقعة في غرب المحيط الهادي، والتي تكون حدوداً هدامة. بذلك يلاحظ أن هناك دورة من المادة الصخرية التي تكون الألواح المحيطية تبدأ بأنبثاق للمادة في مناطق المنبع (الحدود البناءة) وتنتهي بذوبان مادة الألواح المحيطة في مناطق البالوعة (الحدود الهدامة).

ويمكن أن توجد الحدود الهدامة بين لوحين محيطين (مثل الحدود المتمثلة بمنطقة غورتونجا في جنوب المحيط الهادي)، وفي مثل هذه الحدود يمكن معرفة اللوح الذي يذوب طرفة في الوشاح بتحديد اتجاه ميل نطاق بنيوف وأيضاً توجد الحدود الهدامة أحياناً بين لوح قاري ولوح محيطي (مثل الحدود الممثلة بغور بيرو وشيلي الذي يقع غرب أمريكا) وتبين الدراسات علي نطاق بنيوف في هذه المناطق أن اللوح المحيطي هو الذي يذوب في مثل هذه الحالات تحت اللوح القارى. وفي المثال المذكور أعلاه، وجد العلماء أن لوح نازكا Nazca Plate المحيطي يذوب تحت لوح أمريكا القارى وذلك يبين أن الألواح القارية ثابتة جداً وأن مكوناتها الصخرية لا تساهم في دورة المادة التي تنتقل من الوشاح إلي القشرة المحيطية وبالعكس ويبين ذلك أيضاً أن القشرة المحيطية هي وحدها التي تساهم في هذه الدورة. وهناك نوع ثالث من الحدود الهادمة عندما تصطدم قارتان Continents Collision ومن أشهر

هذه الحدود منطقة الهمالايا التي أرتفعت بسبب تصادم الهند بآسيا في أثناء الميوسين. وأيضاً نعتبر السلاسل الجبلية الألبية Allpine Chains الممتدة من الغرب إلي الشرق، من جبال البيرنية والأطلس المغربية عبر البحر الأبيض المتوسط حتى تصل إلي شمال الصين وقرب الشواطئ الشرقية لآسيا حدوداً هدامة واقعة بين كتلتين.

وتحتوى هذه المجموعة من السلاسل الجبلية المنتشرة من الغرب إلي الشرق جبال الهمالايا وهناك أدلة علي حدوث تصادمات بين القارات عدة مرات أثناء التاريخ الجيولوجي للكرة الأرضية فيظن الكثير من العلماء أن القارات تكونت نتيجة تجمع ألواح قارية أي بعملية تجمع قاري Continental accretion ومثال ذلك قارة بانجيبا (Pangea) أم القارات التي كانت موجودة أثناء البرمي. فتكونت هذه القارة نتيجة لتجميع عدة ألواح قارية وجبال السلسة الكاليدونية التي تقع في البلاد الأسكندنافية وانجلترا. وجبال الأورال التي تفصل أوربا عن أسيا هي مناطق التحام للأطراف الشمالية لقارة نابجيبا. وهناك أدلة أيضاً علي حدوث تصادمات بين القارات أثناء حقب ما قبل الكمبري، فيظن بعضهم أن سلسلة جبال الحجاز وسلسلة جبال البحر الأحمر أماكن لارتطام قارتين الواحدة بالأخرى منذ أكثر من ألفي مليون عام.

وهنا يمكن ملاحظة أن المناطق التي يتقابل فيها لوحان، إحداهما قارى والثاني محيطي، وتوجد بها أغوار بحرية عميقة توازيها سلاسل جبلية يمكن أن تكون سلسلة من الجزر أو قوساً من الجزر islands arc (ومثال ذلك جزر اليابان والفلبين وجزر أندونسيا) أو سلسلة جبلية شاطئية مثل جبال الأنديز Andes في جنوب أمريكا.

وفي المراحل المختلفة لارتطام لوحين قارين، يفصل بينهما في بداية الأمر جزء من اللوح المحيطي الذي يمتد أمام أحد الألواح القارية، وفي هذه الحالات يمكن أن تؤدي الحركات الأرضية الرافعة السلسلة الجبلية الناتجة عن أرتطام، تؤدي إلي رفع جزء من القشرة المحيطة فوق سطح الأرض (في قلب السلسلة الجبلية).

وتكون الحدود الهدامة – مثل الحدود البناءة – أيضاً أماكن للنشاط الزلزالي والبركاني. وفي حالة السلاسل الواقعة بين لوح محيطي ولوح قارى لوحين محيطين تتكون الأنبثاقات البركانية من الأندريت andesite، وهي صخور نارية بركانية حمضية معتدلة. أما اللابة المنبثقة في مناطق السلاسل الجبلية الواقعة بين كتلتين قارتين فتكون في أغلب الأحيان

من مادة الرويوليت Rhyolite، وهي صخور نارية بركانية شديدة الحمضية وغنية بالسليكا مثل الجرانيت.

يظن الكثير من العلماء أن اللابة البازلتية القاعدية هي المادة المنصهرة التي تكون الأجزاء العليا للوشاح. وتنبثق هذه المادة بدون أن تختلط بكميات ذات شأن من المواد المكونة للأجزاء العليا للقشرة الأرضية في مناطق المنبع (أي مناطق الحدودالبناءة). أما اللابة الحمضية فتتكون نتيجة لصهر الصخور الرسوبية المكونة للسلاسل الجبلية التي ترتفع في مناطق تقابل لوحين ويمكن في بعض الحالات ان تختلط لابة قاعدية قادمة من الوشاح مع مواد رسوبية من الأجزاء العلوية للقشرة الأرضية وتتكون حينئذ لابة أنذريتية (معتدل الحمضية) أما الزلازل العميقة التي تنتشر علي طول الحدود الهدامة للألواح، فيظن العلماء أنها تنشأ نتيجة لانزلاق الألواح المحيطية تحت ألواح أخرى.

(٣) النوع الثالث من الحدود هو الحدود المحافظة Conservative Margins وهي حدود تنزلق فيها الألواح بعضها نحو بعض أفقياً في أتجاهين متضادين، ولا يوجد علي طول هذه الحدود أية حركة للمادة الصخرية من أعلي إلي أسفل أو من أسفل إلي أعلي، ولذلك تسمى حدوداً محافظة وتتكون هذه الحدود من صدوع ذات أنتشار شاسع وأنزلاق مضربي Strike – slip Fault وتسمي بالصدوع المحولة transform faults ومن أشهر الصدوع المحولة صدع سان أندرسياس San Anhreas Fault الذي يمتد في غرب الولايات المتحدة ويفصل شبه جزيرة كالفورنيا عن المنطقة القارية. ويقع علي هذا الصدع عدد كبير من المراكز البؤرية للزلازل التي تصيب تلك المناطق. وتتميز الحدود المحافظة بحدوث نشاط زلزالي مهم علي طولها. وهي أيضاً احياناً مراكز للنشاط البركاني المصحوب بأنبثاقات قاعدية.

المناطق الواقعة وسط الألواح

تكون المناطق الواقعة وسط الألواح المحيطية مناطق خالية نسبياً من النشاط التكتوني ولا توجد فيها تراكيب جيولوجية بارزة ولكن هناك بعض الأستثنارات لهذه القاعدة، فتقع جزر هاواي مثلا وسط لوح المحيط الهادي وهي جزر بركانية.

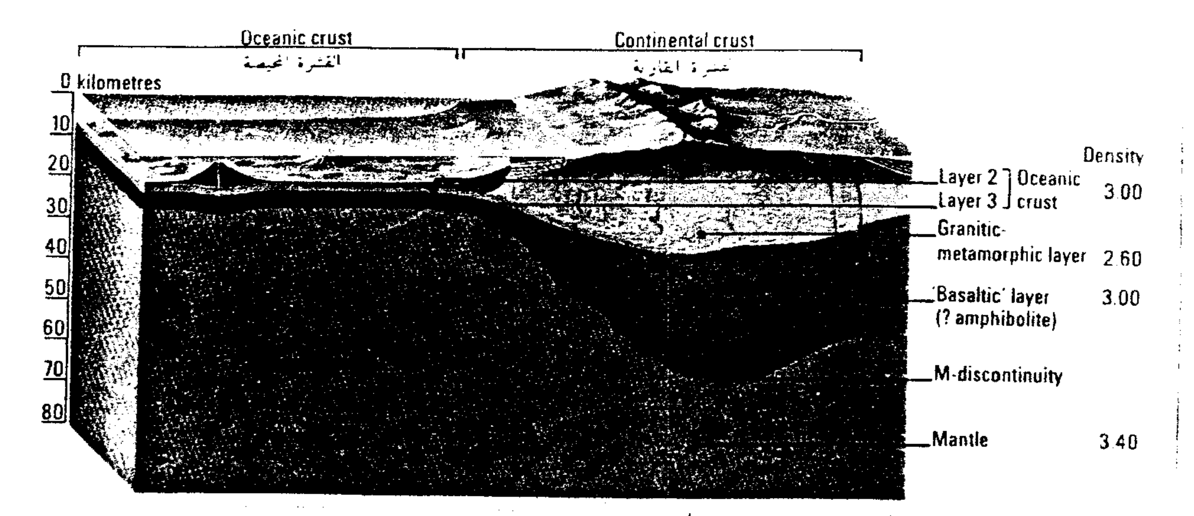
ويظن بعض العلماء أن هذه الجزر تقع فوق نقطة ساخنة في المناطق العليا للب الأرض. ويظن هؤلاء العلماء أن الحرارة التي تصعد من هذه النقطة خلال الوشاح والقشرة إلي سطح الأرض هي سبب انصهار كميات من القشرة المحيطية ومن الجزء العلوي للوشاح، وبذلك تتدفق المادة المنصهرة إلي السطح مكونة جزراً بركانية نتيجة لنمو براكين درعية هائلة.

وتبين نتائج تقدير عمر لابه هذه البراكين بإستخدام النظائر المشعة أن الجزر الواقعة في المناطق الشمالية الغربية أقدم عمراً من الجزر الواقعة في المناطق الجنوبية الشرقية. ويعد ذلك دليلاً علي أنتقال المحيط الهادي في الأتجاه الشمالي – الغربي منذ فترة بداية تكوين هذا الجزر، إذا أن البراكين الواقعة علي الجزر الشمالية خامدة الآن لأنها لا تقع فوق النقطة الساخنة التي توجد في هذه الأيام تحت جزيرة هاواي نفسها. وتوجد علي هذه الجزيرة الأن عدة براكين نشيطة، تنبثق منها الصهارة. أما المناطق الواقعة وسط الألواح القارية فهي أكثر تعقيداً من تلك التي في وسط مناطق الألواح المحيطية، وذلك لأن الألواح القارية أقدم عمراً من الألواح المحيطية. فمادة الألواح القارية ثابتة، ولذلك فهي تحافظ علي ملامح تركيبية تكونت في مراحل مبكرة من تاريخ الأرض.

ويظن العلماء أن القشرة القارية للأرض تكونت بألتحام عدد من السلاسل الجبلية التي نشأت في مناطق التقاء لوحين. وبذلك تلتصق هذه السلاسل التي تكونت من صهارة جرانيتية وصخور متحولة. ويري الكثير من العلماء المعاصرين طريقة تكوين القشرة القارية للكرة الأرضيةهي إنه في بداية الأمر كانت هناك قشرة محيطية فقط، تعلوها طبقة من الرسوبيات الكيميائية. ولكن بعد فترة من الزمن بدأت القشرة المحيطية تتجزأ إلي ألواح يفصل بينها حدوداً بناءة وهدامة. وتكونت علي الحدود الهدامة سلاسل جبلية بركانية ترسبت حولها أول الرسوبيات الفتاتية التي كانت المادة الأصلية لتكوين كميات من الصهارة الجرانيتية (الحمضية) التي تميز الألواح القارية وربما تكونت في بعض الحالات أيضاً كميات من المادة الجرانتية لانفصالها المباشر عن الصهارة القاعدية المكونة للوشاح. وبعد ذلك أخذت القارات تنمو أثناء التاريخ الجيولوجي نتيجة لتكوين سلاسل جبلية متتالية في مناطق مختلفة كانت تسود فيها الظروف المميزة للحدود الهدامة الواقعة بين الألواح إلي ألتصاق الكثير من السلاسل الجبلية والكتل الجرانيتية.

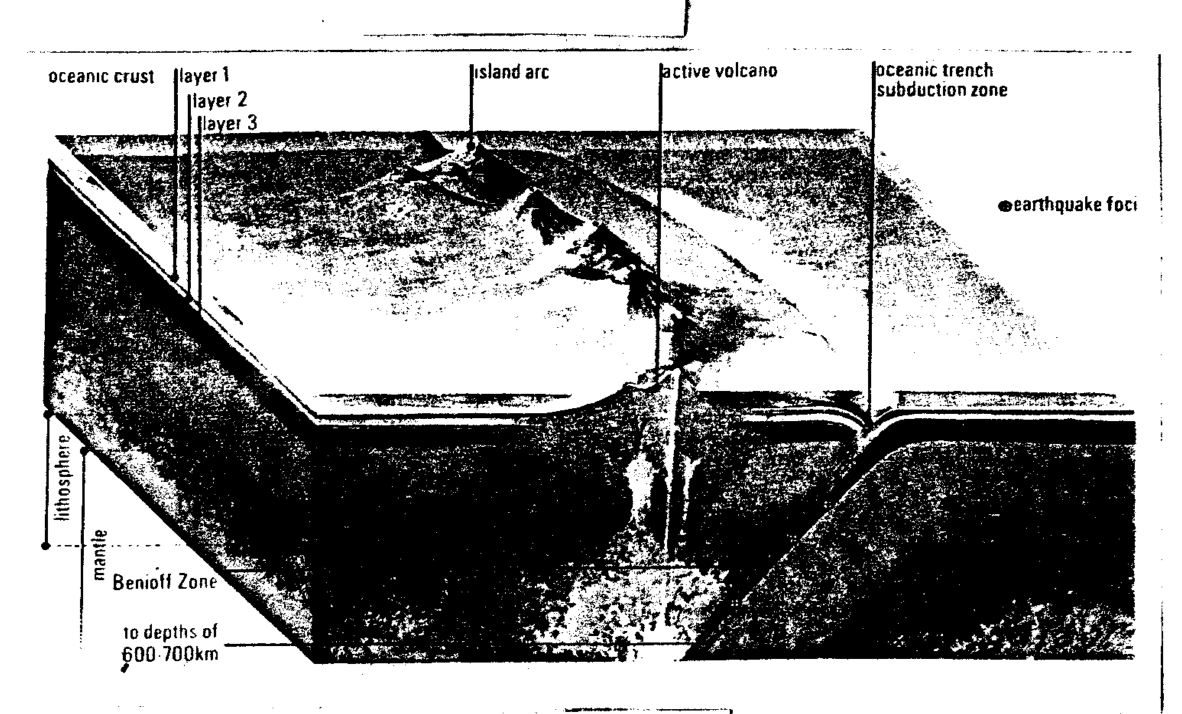
وتعرف المناطق المركزية القديمة للقارات التي تكونت أثناء حقب ما قبل الكمبري بالدروع Shields فالدروع مناطق قارية ثابتة لها تضاريس منبسطة ومكونة من صخور نارية ومتحولة لم تتأثر بالحركات الأرضية البانية للجبال (أي التي تميز مناطق البالوعة بين الألواح) للعصور التي أعقبت حقب ما قبل الكمبري. فلا تقع علي هذه المساحات حدود نشيطة بين الألواح وتنتشر حول هذه الدروع في بعض الأحيان سلاسل جبلية حديثة نسبياً مثل السلاسل الكالدونية Caladonian chains الممتدة عبر البلاد الاسكندينافية وأنجلترا وتكونت هذه السلاسل أثناء الباليوزوي المبكر وهي تمثل مناطق ألتحام بين درعين (الدرع البلطيقية Baltic Shield، والدروع اللورنتية Laurentian Shield وهناك أيضاً سلاسل الهيرسينية Hercynian Chains التي تمتد في وسط أوربا وفي شمال أفريقيا وتكونت أثناء الباليوزوي المتأخر، وهي تمثل مناطق ألتحام بين قارة شمالية وقارة جنوبية (قارة لورسيا Laurasia وقارة جوندواوانا Gondwana). أما السلاسل الألبية Alpine Chains فهي تمثل في غرب أوربا مناطق أنتشار القشرة القارية علي حساب القشرة المحيطية. أما في شمال الهند فهي منطقة ألتحام لوحين قاريين. ويطلق اسم سلاسل ألبية علي الجبال تكونت أثناء حقبي الحياة الوسطي والحياة الحديثة.

ويمكن أحياناً أخرى أن تنفصل الكتل القارية بعضها عن بعض و هذا ما يوضح تطور القارات الحالية التي أنفصلت جميعها عن قارة أساسية تكونت نتيجة لتجمع عدد من الكتل القارية أثناء العصور الجيولوجية التي سبقت العصر البرمي.



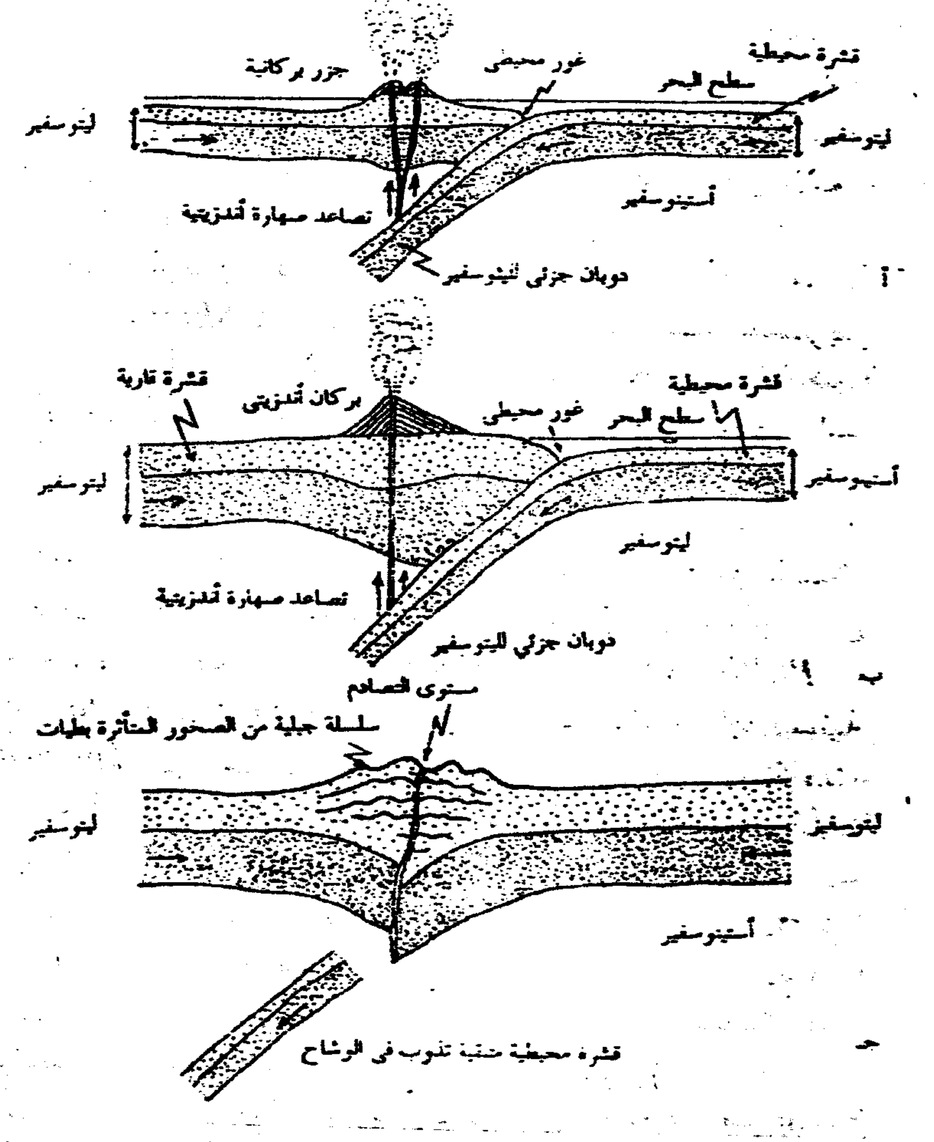
The earth's crust

القشرة الأرضية



The destruction of oceanic crust

تدمير القشرة المحيطية

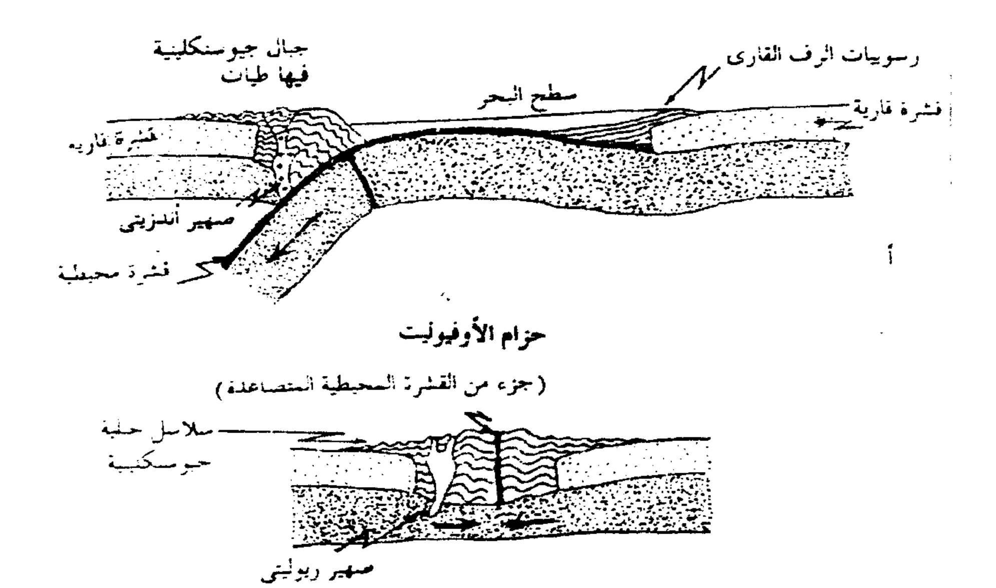


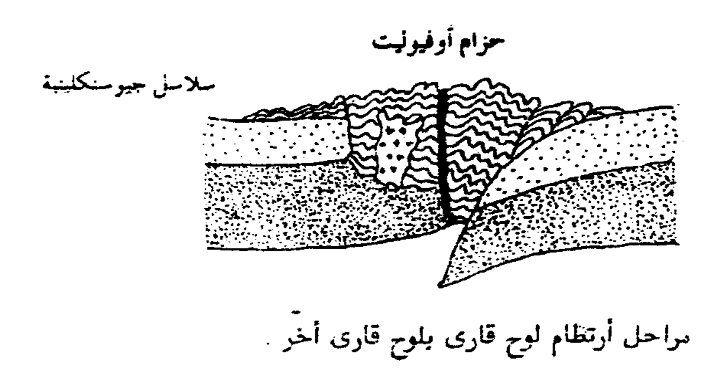
مقاطع رأسية تبين العلاقة بين المكونات المختلفة للأنـواع الثلاثـة مـن الحدود الهدامة

(أ) – حدود بين لوحين محيطين .

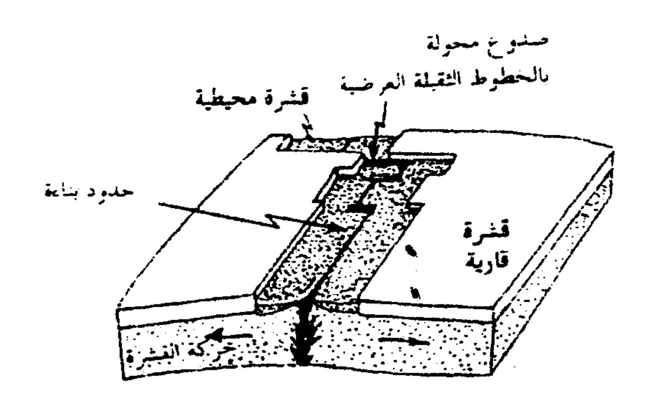
(ب) – حدود بين لوح محيطي ولوح قاري .

(جـ) – حدود بين لوحين قاريين .

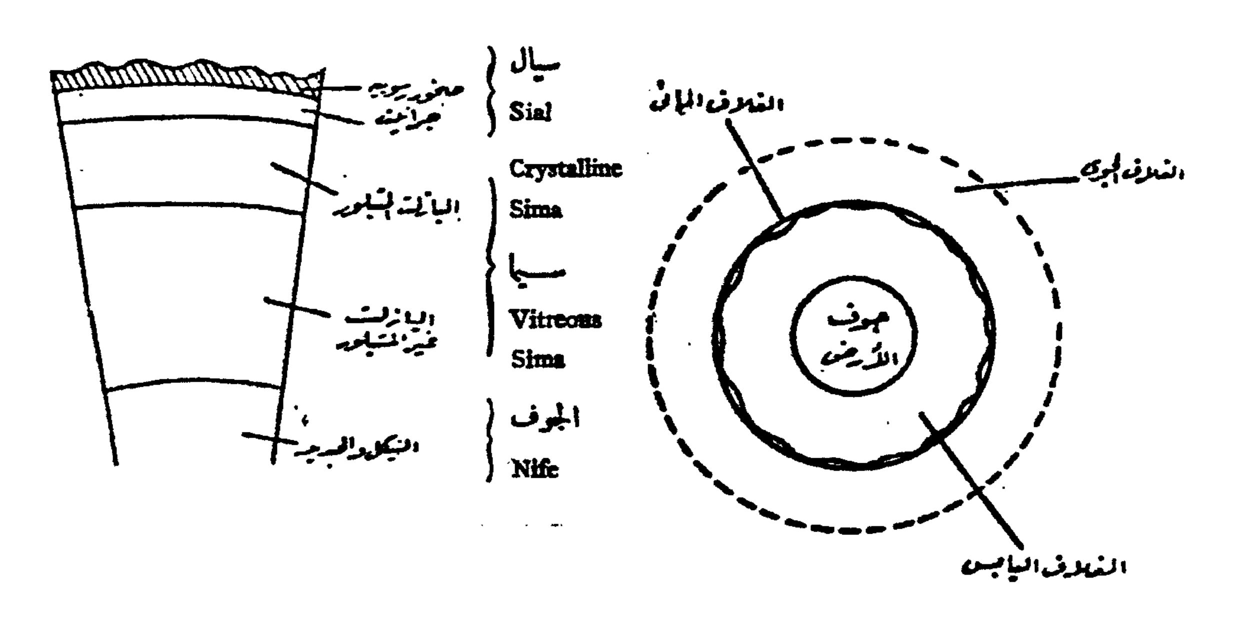




مراحل أرتطام لوح قارى بلوح قارى أخر .

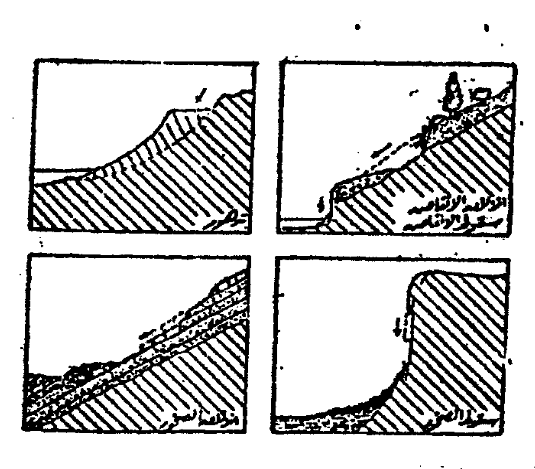


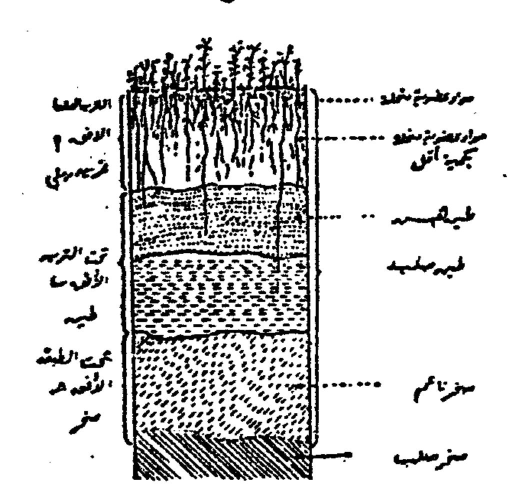
علاقة الصدوع المحولة بالحدود البناءة .



قطاع من السطح حتى مركز الأرض

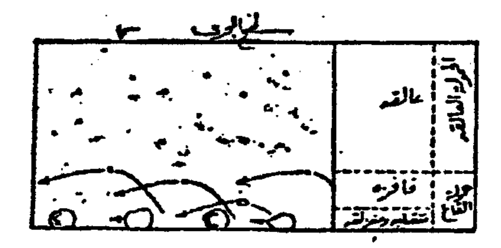
قطاع مار بمركز الأرض





أنواع الأنزلاقات الأرضية

قطاع رأسى فى تربة ناضجة



أنواع حركة الحبيبات الصخرية التى يحملها

المجرى المائى والتوزيع الرأسى لحمولة القاع والحمولة العالقة

الباب الخامس
الجيولوجيا الطبيعية

الجيولوجيا الطبيعية

ويهتم هذا الفرع من علم الجيولوجيا بدراسة العوامل الخارجيـة والداخليـة التـى تؤثـر فـى الكـرة الأرضية ومايتبعها من عمليات التعرية والبناء التى تحدث تغييرات فى سطح الكرة الأرضية.

١. التعرية Denudation

تعرف التعرية بأنها العمليات المختلفة التى تسـاعد علـى تفتيـت الصخـور بـالعوامل الطبيعيـة أو الكيميائية وتأثير هذه المواد المفتتة أثناء نقلها من مكان لأخـر فـى نحـت الصخـور التـى تتعـرض لفعلها وبالتالى تشتمل التعرية على ثلاث مراحل كالأتى:-

١. التجوية Weathering وهى المرحلة التى تتفتت فيها الصخور تحت تأثير العوامـل المختلفة مثل تغير درجات الحرارة والتفاعلات الكيميائية والتأثير البيولوجى .

٢. النقل Transportation ويشمل الوسـائل المختلفـة التـى تنقـل بهـا المـواد التـى تفتتـت فـى المرحلة الأولى (مرحلة التجوية) من مكان الى آخر .

٣. النحت Erosion وهى المرحلة التى تتآكل وتنحت فيها الصخور المختلفـة عندمـا تمـر عليهـا المواد المفتتة أثناء نقلها وتوجد أنواع مختلفة من النحت منها النحت البحرى ، النحت النهرى ، النحت الرياحى والنحت الناتج عن الأنهيارات الثلجية والتـى تشـكل عقبـة رئيسـية أمـام علمـاء البيئة الأن ومنها على سبيل المثال النحت الناتج عن التيارات النهرية لجانبى النيل وخاصـة فـى المناطق الواقعة بين قناطر أسنا ونجع حمادى.

التجويةWeathering

ويطلق هذا المصطلح على كل العمليات التى تتم فوق سـطح الأرض والتـى تعمـل علـى تفتيـت الصخور ولا تتعداها الى نقل المواد المفتتة. وهى بذلك تستبعد فعـل عمليـات النحـت مثـل جـرف الأمطار أو الرياح ولكنها تتأثر بالجاذبيـة الأرضيـة فكلمـا أزيحـت المـواد المفتتـة بالتجويـة بهـذه الوسيلة كلما تعرض سطح الجليد لعمليات التجوية وبذلك يصعب وضع حـد قـاطع بـين عمليـات

التجوية والنحت. وقد أمكن تقسيم التجوية الى عدة أنواع منها التجوية الكيميائية والتجوية الطبيعية والتجوية العضوية.

التجوية الكيميائية Chemical Weathering.

تعتمد التجوية الكيميائية على قدرة مياه الأمطار – المذاب بها الأكسوجين وثانى أكسيد الكربون وأحماض ومواد عضوية مختلفة – على أذابة المواد الصخرية. فعندما تتخلل هذه المياه – والتى تعتبر فى الواقع محاليل مخففة لأحماض الكربون والنيتريك والكبريتيك – الى شقوق وفجوات الصخور فانها تتفاعل معها بطرق مختلفة وتتم عمليات متباينة من تكوين الأكاسيد والهيدروكسيدات والكربونات – ولا يقاوم عمليات التحلل هذه سوى قلة من المعادن المكونة للصخور مثل الكوارتز والماسكوفايت – وأكثر الصخور تعرضا للتأكل بهذه الطريقة هو الحجر الجيرى Limestone المتكون من كربونات الكالسيوم فتتحول الكربونات الى بيكربونات قابلة للزوبان بفعل المحلول الحامضى حسب المعادلة

$$Ca\,CO_3 + H_2O + CO_2 \text{ -------- } Ca\,(HCO_3)_2$$

ثم تحملها المياه الناقلة معها ويتأثر الجرانيت نفسه فى هذه المحاليل الحمضية ولكن بدرجة أقل من تأثر الأحجار الجيرية بها فيتفاعل الفلسبار وهو سليكات البوتاسيوم والألومنيوم مع الماء وثانى أكسيد الكربون ويتكون الكاولينايت Kaolinite والكوارتز وكربونات البوتاسيوم – فينتج عن تجوية الجرانيت الكيميائية ترسب معدن الكاولينايت والكوارتز أما كربونات البوتاسيوم فتحملها المياه وتعمل التجوية الكيميائية فى تفتيت الصخور أولا باضعاف تماسك المعادن المكونة لها وثانيا بتكوين محاليل تجرفها مياه الأمطار فيصبح الصخر بذلك مساميا يسهل تكسيره وثالثا بتكوين منتجات تغير Alteration Products حجمها أكبر من حجم المادة الصخرية الأصلية تنفصل فى قشور عن سطح الصخر. ويسمى هذا النوع بالتجوية شبه الكروية Spheroidal Weathering ويلاحظ غالبا فى الصخور التى بها فواصل كثيرة كالبازلت والدلورايت – وتتحلل الصخور كيميائيا كذلك عن طريق أكسدتها Oxidation وفى هذه الحالة يضاف الأكسوجين الى الصخور وخاصة الى محتوياتها الحديدية ويساعد فى ذلك وجود الرطوبة – وتتغير بهذه الطريقة سليكات معادن الحديد والماغنيسيوم مثل البيروكسين Pyroxenes والأمفيبول Amphiboles والألوفين Olivenes وينشأ عنها بيكربونات كالسيوم أو ماغنسيوم أو حديد قابلة للزوبان وسيليكا كما

يتحول أكسيد الحديدوز الى أكسيد الحديديك (هيماتايت) أو هيدروكسيد الحديد (جيوثايت أو ليمونايت) ويصحب ذلك تغيرات فى الألوان من الأخضر أو الأسود الى الأحمر أو الأصفر أو البنى.
وفى المناطق الأستوائية حيث تهطل الأمطار بغزارة فى موسم يعقبه موسم جفاف ترتفع فيه درجة الحرارة يصبح التبخر سريعا من النباتات والتربة فتصعد المياه من الأعماق لتعوض مايفقد بالبخر فتتركز المحاليل المخففة نتيجة لهذا التبخر وتترسب المواد الذابة بها وتشمل هذه المواد هيدروكسيدات الألومنيوم والحديد والسليكا وكربونات عناصر مختلفة . وتعود معظم هذه الرواسب للذوبان مرة أخرى فى موسم الأمطار التالى بينما تبقى هيدروكسيدات الألومنيوم والحديد بدون ذوبان على السطح أو بالقرب منه – وتتركز تدريجيا هذه الأملاح مكونة راسب بنى محمر يسمى لاتيرايت Laterite اذا كانت نسبة الحديد هى الغالبة – أما اذا كان لون الصخر فاتحا ونسبة مركبات الألومنيوم هى الغالبة فيسمى الراسب بوكسايت Bauxite ويمكن الأستدلال من وجود هذين الراسبين بين طبقات الصخور على البيئة الأستوائية التى كانت سائدة وقت تكوينها.
تختلف قوة التجوية الكيميائية من منطقة الى اخرى فهى على اشدها فى المناطق القريبة من خط الأستواء ذات الأمطار الغزيرة ودرجات الحرارة العالية بينما هى أضعف ماتكون فى المناطق المرتفعة البعيدة عن خط الأستواء حيث تقل كمية المياه الجارية.

التجوية الطبيعية Physical Weathering

يعرف هذا النوع من التجوية أيضا بالتجوية الميكانيكية Mechanical Weathering ويعزى أساسا للتغيرات فى درجات الحرارة – فمن الثابت علميا أن الماء يتمدد بمقدار عشر حجمه عندما يتجمد مسببا ضغطا يعادل ألفى رطل على البوصة المربعة – وينشأ عن استمرار تجمد وذوبان المياه فى شقوق الصخور اجهادا على هذه الصخور ينجم عنه تفتتها.
وتختلف درجات الحرارة فى المناطق الصحراوية فى الليل والنهار أختلافا كبيرا فتتعرض الصخور فى أشهر الجفاف الحارة الطويلة لدرجة حرارة تقرب من المائة فهرانهيت بالنهار بينما تهبط هذه الدرجة الى مايقرب من درجة التجمد ليلا فينشأ عن هذا التباين الكبير فى درجات الحرارة ليلا ونهارا تعرض الصخور فى هذه المناطق لأجهاد كبير يسبب تفتتها وتشققها من كثر ماتعانيه يوميا من تمدد وأنكماش . ولما كانت الصخور بطبيعتها موصلة رديئة للحرارة فقد تسخن أو تبرد

طبقاتها السطحية بينما لا تتأثر أجزاؤها الداخلية وينشأ عن ذلك أنفصال الطبقات السطحية عن بقية أجزاء الصخور وهذا مايعرف بالتقشر Exfoliation .

التجوية العضوية Organic Weathering

يساعد وجود الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية فى تفتيت الصخور – وتعمل جذور الأشجار على توسيع الشقوق التى تتخللها – كما تعمل بعض الحيوانات وخاصة البحرية منها على أضعاف تماسك الصخور وجعلها قابلة للتفتت وذلك بالحفر فيها – أما بحركة دوران أو بأفراز مادة كيميائية تتفاعل مع الصخور الجيرية .

تكوين التربة Soil Formation

تتكون التربة من مزيج معقد من مواد معدنية غير عضوية وبقايا عضوية متحللة – وتنشأ من تفتت وتآكل الصخور بفعل عوامل التجوية المختلفة – وأهم العوامل فى تكوين التربة هى :-

١. المادة الصخرية الأصلية The parent rocks
٢. المناخ
٣. أنحدار سطح الأرض
٤. فعل الكائنات الحية
٥. الزمن الجيولوجى

قطاع التربة Soil Profile

ظهر من دراسة نوعيات التربة المختلفة أن التربة التى تتكون فى زمن طويل وتحت ظروف مناخية معينة يصبح لها صفات مميزه منتظمة – وتعرف هذه النوعية من التربة بالتربة الناضجة Mature Solis ويصبح لها قطاع محدد يتكون من ثلاث نطاقات Horizons تسمى A, B, C وتختلف هذه عن بعضها فى اللون والنسيج والتركيب وكذلك فى سمكها – وقد لوحظ أن التربة الشابة يعوزها قطاع تربة جيد فنطاق A – وهو سطح التربة Top Soil غنى بالمواد والكائنات العضوية – والنطاق المتوسط B يعرف أحيانا بتحت التربة Subsoil مؤكسد فى الغالب وقد يحتوى على رواسب معدنية ثانوية – أما النطاق C فهو الصخر الأصلى الذى تغير قليلا فيتكون من مواد صخرية متماسكة أو مفككة تكونت من التربة .أنظر الشكل الذى يوضح قطاع رأسى فى تربة ناضجة.

النقل Transportation

تنقل مخلفات التجوية من الأماكن التى تفتت منها بواسطة عوامل مختلفة تعمل على حملها فيتيسر بذلك تعرض أسطح جديدة من الصخور للتجوية مرة أخرى وتتلخص أهم عوامل النقل فيما يلى :-

١. الجاذبية الأرضية Gravity

هى من أنشط العوامل المؤثرة فى نقل مخلفات التجوية ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح على منحدرات وسفوح الجبال والمرتفعات حيث تساعد مياه الأمطار أو المياه المذابة من الثلاجات فى تسهيل حركة المواد الصخرية المفتتة – كما تعمل المياه الراشحة بين مستويات الطبقات الصخرية على تكوين الأنزلاقات الأرضية Landslides وتحدث هذه الأنزلاقات عادة بعد سقوط أمطار غزيرة فوق طبقة صخرية ذات فواصل كثيرة واقعة فوق طبقات من الحجر الطينى وتكون الطبقات مائلة تجاه خط الجرف – فعندئذ يصبح سطح الحجر الطينى غير المنفذ شديد الأنزلاق بحيث تبدأ الصخور الواقعة فوقه فى الأنزلاق والحركة عليه وتتجمع فوق سفوح الجبال ومنحدراتها وفى أعالى الوديان كتل صخرية متفاوتة الأحجام أقتلعت من الجرف والطبقات الصخرية بفعل عوامل التجوية المختلفة ثم سقطت وتدحرجت وترسبت فى أماكنها تحت تأثير الجاذبية – وتكون هذة الكتل المختلفة طبقة تسمى Talus مقعرة الى أعلى تصبح شديدة الأنحدار فى جزئها العلوى حيث توجد الكتل الصخرية.

٢. الأمطار والأنهار:

تعتبر الأمطار من أهم العوامل التى تساعد على نقل الصخور المفتتة بالتجوية فعلاوة على أنها تعمل على جعل سطح المنحدرات الجبلية زلقا فهى تنقل كذلك الجزيئات الصخرية – وقد تجد لها طريقا آخر الأمر الى نهر أو مجرى مائى يقوم بنقل هذه الحمولة Load من الرواسب اما مذابة وتعرف عندئذ بالحمولة المذابة Solution load – وتشمل كثيرا من منتجات التجوية الكيميائية– أو عالقة وتسمى بالحمولة العالقة Suspension load وهى عبارة عن الجزئيات العالقة الدقيقة من الطين والطمى Clay and silt أما الجزئيات الأكبر حجما مثل حبيبات الرمل فتثب فوق قاع النهر مكونة الحمولة الوثابة Saltation load بينما الحصى والجلاميد Pebbles and boulders فتسحب أو تدور فوق قاع المجرى مكونة مايعرف بالحمولة المسحوبة Traction

load تذداد قدرة النهر على النقل زيادة سريعة تبعـا لزيـادة سرعته بحيث أنـه اذا ماتضاعفت سرعة النهر أمكنه أن ينقل كتلا يزيد حجمها ستين مرة على الكتل الأولى

أنظر شكل الذى يبين أنواع حركة الحبيبات الصخرية التى يحملهـا المجرى المائى والتوزيـع الرأسى لحمولة القاع والحمولة العالقة

٣. ألأنهار الجليدية Glaciers

تنقل هذه الأنهار كتلا صخرية كبيرة قد يزيد حجمها عن تلك التى تنقلها أقوى الفيضانات ولكـن حركتها بطيئة لاتزيد عن بضع أمتـار كـل عـام – وتتكـون حمولـة الأنهـار الجليديـة مـن القطـع الصخرية التى يقتلعها الجليد آليا من الطبقات الصخرية ثم يحملها جليد النهر فـى طياتـه حتـى يرسبها بعد ذوبانة.

٤. الرياح Winds

جدول

	أنواع الكثبان الرملية		
	كبير	متوسط	صغير
ارتفاع الكثيب بالمتر	١٨,٥	٢,٥	١,٥
طول الجهة القابلة للريح	٦٥٠,٣٠	١٢٧	٩٩
طول الجهة الخلفية	٣٨٧,٩٠	٤١,٦٠	١٩,٦٠
متوسط الأنحدار فـى الجهـة المقابلـة لـلريح بالدرجة	٧	٥	٤
متوسط الأنحدار فى الجهة الخلفية بالدرجة	٣٤	٣٢	٢٩

تعد الرياح من أهم العوامل التى تساعد على نقل جزئيات الصخور المفتتة بالتجوية وكذلك جزئيات الطبقات الصخرية غير المتماسكة ومن أحسن الأمثلة على فعل الريـاح فـى النقـل تكوين وحركة الكثبان الرملية Sand dunes والتى تصل فى بعض الصحـارى المصريـة الى ٧٠٠ قدم فـى الأرتفاع وتتحرك بسرعة تصل الى ٥٠ قدم فى العام ومن الأمثلة على ذلـك تلـك الكثبـان الرمليـة الموجودة فى الواحات الخارجة بالوادى الجديد (غرود ابو محاريق) حيث أوضحت الدراسات أن

هناك ثلاثة أنواع من الكثبان الرملية قسمت حسب حجمها الى كبيرة ومتوسطة وصغيرة كما هو مبين بجدول :- وأنظر شكل الذى يوضح مكونات الكثيب الرملى

النحت Erosion

أولا نحت الأمطار Rain erosion

يشمل عمل الأمطار النحتى ازاحة الجزئيات الصخرية المفككة من أماكنها الأصلية الى أماكن أكثر انخفاضا – كما يشمل أيضا قطع المنحدرات الجبلية وجرف ماتحته من تربة مكونا بذلك مجرى غائر على جانب التل – واذا استمر هطول الأمطار وتكرر أتساع وتعميق هذا المجرى تكون خندقا Gully فاذا وصل الخندق الى منسوب الماء الجوفى امتلأ بالماء وكون نهيرا أو جدولا Rivulet وللأمطار تأثير نحتى قوى كذلك فى المناطق شبه المجدبة حيث تهطل الأمطار بغزارة فى بعض الأحيان فتتكون مجارى مائية كثيرة فوق الأراضى المنحدرة تؤدى الى مجموعة معقدة من الخنادق والجداول الصغيرة تفصلها أكوام صخرية يعقبها أمتداد الجداول الى المرتفعات الأرضية وفى النهاية تتكون مناطق يصعب السير فيها واجتيازها تسمى بالأراضى السيئة Bad lands ومن أمثلتها الأراضى السيئة فى جنوب داكوتا بالولايات المتحدة الأمريكية.

ثانيا : نحت الأنهار River erosion

يتم فعل الأنهار النحتى بأربعة طرق تعمل كلها مجتمعة كالأتى :-

١. التآكل Corrosion ويشمل التأثير الأذابى للماء على المعادن المكونة لصخور مجرى النهر أو روافده

٢. التحتت Corrasion ويشمل التفتيت الألى لمجرى النهر وجوانبه نتيجة احتكاكها مع الرمال والحصى والجلاميد التى تحملها مياه النهر وبذلك تتكون فى مجارى الأنهار حفر تعرف بحفر القدر Pot holes وتنشأ فى منخفضات المجارى المائية نتيجة لدوران الكتل والحصى التى تحملها مياه الأنهار دورانا سريعا كالدوامة عاملة بذلك كأنها أجهزة للحفر .كما يحدث تآكل فى جوانب النهر ومن الأمثلة على ذلك مايحدث ألأن لجوانب نهر النيل وخاصة فى المناطق الواقعة مابين قناطر اسنا ونجع حمادى كما يزداد التآكل خلف الأنشائات التى تتم على النهر مثل الكبارى.

٣. الفعـل المـائى Hydraulic action ويشـمل التأثـير التفتيتـى للمـاء نفسـه باصطدامـه مـع القطـع الصخرية المفككة عند الفواصل والشقوق.

٤. الفرك Attrition وهو عبارة عن تفتيت وتمزيق الجزئيات الصخريـة المنقولـة نتيجـة لدورانهـا فى مجرى النهر واحتكاكها بعضها ببعض وبجوانب ومجرى النهر فتصبح ملساء مستديرة فتتفتت وتصغر أحجامها.

سرعة التيارات Velocity of stream

تتوقف سرعة تيار مجرى مائى على :-

١. انحدار قاع المجرى فكلما زاد انحدار المجرى كلما زادت سرعة التيار - وعلى ذلك تقل كلمـا ابتعدنا عن المنبع واتجهنا ناحية المصب.

٢. **شكل وتكوين جدران الوادى:** فعدم انتظام جدران وقاع المجـرى يسـبب صعوبـة سـريان المـاء لكثرة أحتكاكه بالجدران والقاع.

٣. **حجم الماء فى المجرى المائى:** فازدياد حجم المـاء يزيـد سرعته فـى المجـرى دون أن يسـبب زيادة تذكر فى مقدار الأحتكاك.

ثالثا النحت البحرى Marine erosion

يحدث التأثير النحتى للبحار أو المحيطات بأربعة طرق:

١. فعل المياه Hydraulic action فـى حمـل المـواد المفككـة بواسـطة التيـارات البحريـة والأمـواج وتفتيت الصخور نتيجة اصطدام الأمواج بالمرتفعات المطلة على الشواطىء البحرية كما يحـدث فـى بعض الأماكن على ساحل البحر الأحمر وفى معظم الأماكن بالدلتا المصرية وخاصة المناطق الشرقية منها.

٢. التحتـت Corrasion.ويشـمل التفتيـت الألى لصخـور الشـاطىء بفعـل الأمـواج الحاملـة للقطـع الصخرية المختلفة.

٣. الفرك Attrition ويشـمل تفتيـت وتـأكل الجزيئـات الصخريـة التـى تحملهـا الأمـواج نتيجـة لأستمرار احتكاكها ببعضها وأصطدامها بصخور الشاطىء.

٤. التأكل Corrosion ويشمل التأثير الأذابى والكيميائى لمياه البحر وأهميتـه تكـاد تكـون قـاصرة على الصخور الشاطئية الجيرية.

نتائج النحت البحرى:-

ينشأ الجرف البحرى Sea cliff على الشواطىء الصخرية للبحار أو المحيطات نتيجة للفعل القطعى للأمواج فى صخور الشاطىء - وباستمرار تقدم البحر وتراجع الجرف البحرى تحت تأثير النحت البحرى للشواطىء الصخرية يتكون مقعد صخرى مشطوف Bevelled rock bench يعرف بشرفة قطع الموجة Wave-cut terrace أو رصيف قطع الموجة Wave-cut platform يتعرض جزئيا أثناء الجزر .

ينشأ من النحت البحرى كذلك عدد كبير من الظواهر النحتية الصغيرة مثل الحفر Flutings والأخاديد Grooves والشقوق Furrows وحفر الجرف Scour pits الخ تدل كلها على تآكل أسطح الصخور نتيجة للنحت البحرى .

تتكون الكهوف البحرية Sea caves نتيجة للنحت البحرى للصخور الشاطئية كثيرة الفواصل.

وَللنحت البحرى تأثير متباين على الأنواع المختلفة من الصخور - فالصخور الشاطئية الضعيفة غير المتماسكة أو ذات الفواصل الكثيرة تنحت متراجعة لتكون خوراً أو خلجاناً صغيرة Coves بينما تقف الصخور الأشد مقاومة مكونة رؤوس أو ألسنة أرضية داخلة فى البحر Headlands

رابعا - النحت الرياحى Wind erosion :

يشمل النحت الرياحى قسمين :

١- القسم الأول وهو نحت الجزيئات الصخرية المفككة ويعرف بالتخوية Deflation - ففى المناطق الصحراوية وشواطىء البحار أو البحيرات الكبيرة أو فى الحقول المحروثة أثناء مواسم الجفاف - حيث الجزيئات الصخرية مفككة غير متماسكة - يكفى تصادم Impact الرياح معها لكى تجعلها تحمل كميات ضخمة من هذه الجزيئات الصخرية المفككة .

وتساعد الزوابع Eddies و الأعاصير Whirlwinds فى حمل الرياح لهذه الأثقال ونقلها من الأراضى المكشوفة حيث كانت تجويتها .

ومن النتائج المميزة للتخوية - وخاصة فى المناطق التى تتعرض فيها الصخور الطينية غير المتماسكة- مثل شمال أفريقيا وكالاهارى والصحارى المغولية تكوين سهول رياحية ومنخفضات

حوضية – ويصل عمق هذه المنخفضات أو الواحات (التى جوفت أساسا بفعل الرياح) فى الصحراء الليبية المصرية كما فى منخفض القطارة إلى حوالى ٤٢٠ قدم تحت سطح البحر وتتوقف التخوية فى هذه المنخفضات على منسوب المياه الجوفية الذى يرطب سطح الجزيئات الصخرية ويعوق بذلك النحت الرياحى – فبمجرد انخفاض سطح الصحراء إلى مستوى هذا المنسوب يقف فعل التخوية .

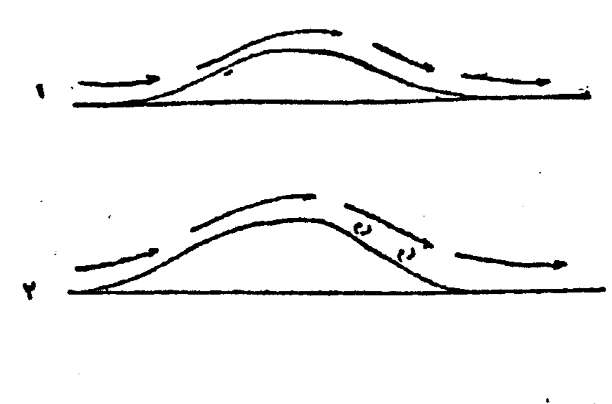
٢- القسم الثانى وهو الكحت Abrasion حيث تتكثر وتنصقل لدرجة كبيرة أسطح الطبقات الصخرية والحبيبات والحصى الموجود فى المناطق الصحراوية بفعل الرياح الحاملة للرمال والغرين .

وتتكون أوجه الحصى الرياحية Ventifacts كما تتفتت الصخور ذات المواد اللاصقة المتباينة Varying cements وتتحفر بأشكال غريبة وتتضلع الصخور المتحولة كالشيست فى اتجاهات موازية لاتجاه التطريق Foliation .

خامسا – النحت الجليدى Glacial erosion :

يبدو من دراسة التأثير النحتى للأنهار الجليدية أن التحتت Corrasion هو أهم عمليات النحت الجليدى – ويتم أساساً بجرف أو اكتساح Scouring وجرش Grinding القطع الصخرية المتجمدة فى قاع النهر الجليدى أو التى يدفعها تحت مجراه – أما اقتلاع الجليد للصخور Plucking التى فى المجرى فيحدث فقط فى المناطق شديدة الانحدار أو التى يكثر فى صخورها الفواصل .

ويعتبر كحت Abrasion القطع أو الأسطح الصخرية من أوضح الظواهر المعروفة عن النحت الجليدى – حيث تخدش Scratched وتكشط Scraped أسطح الصخور بفعل حركة احتكاك الفتات الصخرى المتجمد فى أجسام الكتل الجليدية المتحركة مما تنشأ عنه التركيبات الصخرية المعروفة على الأسطح الصخرية المختلفة بعد ذوبان الجليد فى مناطق الأنهار الجليدية وهى الخدوش والحزوز الجليدية Glacial striae and grooves – وتعرف القطع الصخرية المقتلعة بفعل الجليد والتى تحملها الأنهر الجليدية بعد أن تسقط عليها من المناطق الشديدة الانحدار المجاورة Moraines وهى إما Lateral moraines إذا وجدت ممتدة على جانبى النهر الجليدى – أو Medial moraines حين تلتحم داخلية .

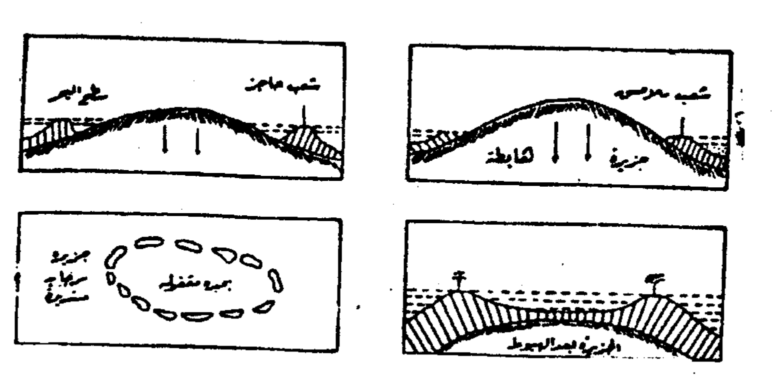




حركة الكثبان الرملية



تآكل جوانب نهر النيل عند جزيرة دندرة



أنواع الشعب المرجانية

قد تكثر حمولة النهر الجليدى من الصخور المقتلعة والساقطة عليه لدرجة أنـه يصعب عليـه حملها ونقلها كلها فيرسب الزائد عـن قدرتـه فـى مجـراه ويتخطـاء الجليـد فـى مسـاره فيسـمى Ground moraines .

يرسب النهر الجليدى بعد ذوبان الجليد فى أسفل مجراه كل ما يحملـه مـن فتـات صخـرى Debris متفاوت الأحجام على شكل مرتفع مقوس Arcuate ridge يسـمى Terminal or end moraine .

٢- البناء Construction :-

وضحنا فى الجزء السابق الخاص بالتعرية العمليات المختلفة التى تعمل فى تفتيـت الصخـور بمختلف الوسائل الطبيعية أو الكيمائية – وكيف أن المواد المفتتة تنقـل مـن الأمـاكن التـى تفتـت فيها بطرق شتى – ولكنها تعود فتترسـب بعـد فـترات متفاوتـة مـن الطـول والقصـر – فحبيبـات الرمال التى تنقلها الرياح بعد أن تفتت من الصخور المختلفة سرعان ما تتجمع ثانية بانية الكثبان الرملية ممتدة على شواطىء البحار أو فى الصحارى – والأنهار الجليدية التى اقتلعت أثناء سيرها أو حملت بين جليدها مختلف أحجام الصخور المفتتـة ترسـب حمولتهـا الصخريـة عندمـا يـذوب الجليد – وكذلك الحال مع المياه الجارية فإنها سرعان ما ترسب حمولتها من الصخـور والرمـال والغرين التى تحملها بضعف التيار بدخوله بحيرة أو بصبه فى بحر – وكذلك البحـر التـى تعمـل أمواجها وتيارتها بإستمرا فى تفتيت الشاطئ وتراجعه هى فى الوقت نفسه ما فتت من صخور وما حمل إليها من مواد مفتتة – بنت طبقات سميكـة أضيفت إلى مـا علـى القـارات مـن رواسـب أو كونت بها سلاسل الجبال .

وهناك عدد كبير من الحالات التى توضح أن العوامل المختلفة التى شاهدناها تعمـل جـاهدة فى تفتيت الصخور أو نقل فتاتها هى نفسها التـى تقوم بترسـيب الرواسـب أو بنـاء الطبقـات – وفيما يلى أمثلة من نتائج الترسيب أو البنـاء التـى تقوم بهـا عوامـل البنـاء الهامـة وهـى البحـار والأنهار والرياح والحياة .

البناء بالبحر :

تعتبر البحار والمحيطات عوامل هامة من عوامل البناء اما للرواسب التى تترسب فوق قاعهـا حين تتقدم مياه البحار والمحيطات لتغطى أجزاء من القارات نتيجـة للحركـات الأرضيـة البانيـة

للقارات ...ments Epeirogenic فتضيف بذلك طبقات جديدة فوق الصخور القديمة التي كانت تكون القارات كلما غطى البحر أجزاءاً من القارات - وأما للرواسب التى تتكون على امتداد شواطئها آخذة أشكالا مختلفة أهمها:

١- الشواطىء الحاجزة Barrier beaches :

ترسب الأمواج والتيارات على بعض السواحل الرملية البسيطة الانحدار جرف رملية Sand ridges. مكونة قطع أرضية مستطيلة ممتدة على مسافة من الشاطىء تعرف أيضا بجزر بعد الشاطىء Offshore islands أو الجزر الحاجزة Island bars– وقد تتسبب هذه الشواطىء الحاجزة فى حجز المناطق التى خلفها عن البحر أو المحيط وتتكون بذلك مستنقعات بحرية أو لاجونات Lagoons .

٢- الحواجز والألسنة Bars and spits :

تتكون الألسنة عندما يتقابل تياران شاطئيان مختلفان ولكنهما يسيرا إلى اتجاه واحد فينشاء عن تصادمهما انخفاض فى معدل سيرهما عند خط الاحتكاك وتترسب الرمال التى كانا يحملانها على طول هذا الخط .

تنشأ الألسنة كذلك عندما تداخل التيارات الشاطئية التى تسير محاذية للشواطىء من مياه قليلة العمق إلى مياه أكثر عمقا فيترسب بذلك ما تحمله من الرمال .

أما الحواجز Bars فهى الألسنة التى تتكون ممتدة بعرض الخليج .

الرواسب البحرية Marine sediments

يترسب فوق قيعان المحيطات أو البحار رواسب متعددة متفاوتة الأحجام والصفات تتجمع فى مناطق بحرية متباينة ذات أعماق متفاوتة .

الحياة كعامل من عوامل البناء :

رأينا كيف أن الرواسب البحرية التى تتكون فى المناطق المختلفة تبنى وتضيف إلى أحجام الصخور الرسوبية على الأرض ولا شك أن جزءا كبيرا من هذه الرواسب المختلفة قد تكون من تجمع قشور وبقايا كائنات بحرية حيوانية أو نباتية مختلفة وقد ذكرنا أمثلة كثيرة من ذلك مثل رواسب الفورامنيفرا والدياتوم والراديولاريا Foraminifera diatom , radiolaria أو مثل الأنواع المتعددة من الأحجار الجيرية القشرية Shelly limestone الخ .

وسنوضح الآن كيف تعمل بعض أنواع تلك الكائنات البحرية فى بناء الشعب المرجانية .

الشعب المرجانية Coral reefs :

الشعب المرجانية هى أحزمة متكونة من الهياكل الجيرية لبعض أنواع الطحالب والحيوانات البحرية مثل الهيدروزوا والبرايوزوا وغيرها - حيث تعيش فيها هذه الكائنات نامية متكاثرة .

سميت هذه الشعب بالرجانية لأن المرجان هو أبرز الكائنات المشتركة فى بنائها ولو أن الطحالب البحرية هى التى تكون أجزائها الرئيسية .

تغطى الشعب المرجانية فى الوقت الحالى مساحات شاسعة تقدر بحوالى نصف مليون ميل مربع كما أنها كانت عاملا فى تكوين الصخور الجيرية منذ العصر الأردوفيشى وهو من أقدم العصور الجيولوجية - وتعتبر مرشدة إلى ظروف بيئية معينة إذ أن المرجان البانى للشعب لا يوجد إلا فى المياه البحرية الصافية الدافئة حيث لا تقل درجة الحرارة عن ٦٨ ° م فهرنهايت وفى أعماق لا تزيد عن ١٥٠ قدما - ويتكاثر فى الاتجاهات البحرية المكشوفة حيث تحمل إليه الأمواج الغذاء والأوكسجين والكالسيوم الذى يبنى منه هياكله .

أنواع الشعب المرجانية :

قسم داروين الشعب المرجانية إلى ثلاث أقسام :

١- الشعب الخارجة Fringing reefs - وتشمل رصيف من الشعب المرجانية يبلغ اتساعه حوالى نصف ميل وينحدر بشدة إلى قاع البحر من الشاطىء الذى يبدو اتصاله به عند انحسار الماء وقت الجزر .

٢- الشعب المتاخمة أو الحاجزة Barrier reefs - وهى الشعب التى يفصلها عن الشاطىء قنوات أو لاجون Lagoon أهمها هى الشعب المتاخمة أو الحاجزة الكبيرة The Great Barrier Reefs التى تمتد لمسافة ألف ميل قرب الشاطىء الشمالى الشرقى لاستراليا

٣- الشعب المستديرة Atolls - هى شعب دائرية الشكل تختلف عن الشعب المتاخمة فى عدم وجود الجزيرة الداخلية بل تحيط الشعب بلاجون Lagoon أى بحيرة أو مستنقع بحرى متصل عادة بالبحر المكشوف بواسطة ممرات . أنظر شكل الذى يوضح أنواع الشعب المرجانية

وتبين نظرية داروين فى تكوين أنواع الشعب المرجانية المختلفة أنها كلها مراحل مختلفة فى عملية واحدة - فيبدأ النمو ببناء الشعب الخارجة حول جزيرة بركانية مثلا ثم تتحول هذه إلى

شعب متاخمة أو حاجزة عند هبوط هذه الجزيرة واستمرار نمو المرجان فى اتجاه البحـر المكشوف وتصبح المنطقة الواقعة بين الجزيرة الهابطة وبين الشعب المتاخمة أول لاجون - وباسـتمرار هبـوط الجزيرة تختفى كل مناطقها تحت الماء وتتحول الشعب المتاخمة إلى شعب مستديرة .

البناء بالأنهار :

تعمل الأنهار فى البناء كما تعمل فى النحت بل إن العوامل الرئيسية التى تؤثر فـى النحـت والنقل - وهى سرعة التيار وحجمه - هى بنفسها التى تتحكم فى بناء الرواسب - وما الترسيب إلا علامة على انتهاء النقل .

تنتشر الرواسب التى يحملها النهر على شكل مروحى فـوق قـاع الحـوض الـذى يصـب فيـه النهر - فترسب الحمولة الخشنة أولا ويليها بعد ذلك المواد الدقيقـة الحبيبـات وتعمـل الرواسـب المتجمعة على إضعاف سرعة انحدار المجرى فسـرعان مـا يتفـرع النهـر إلى فـروع فـوق الرواسـب النهرية الجديدة - ويستمر الترسيب فى هذه الفـروع إلى أن تمتلىء وتسـد فتتفتـح فـروع جديـدة غيرها لتمتلىء وتسد أيضاً ثم تهجر وهكذا - وتتكون فى الدلتا بذلك بحيرات ممتلئة امتلاء جزئيا بينما تحصر الفروع النهرية العديدة المتقابلة جزراً بينها - تستمر المجارى الرئيسية للنهر فى بناء تجمعاتها من الرواسب الخشنة مبتعدة ناحية البحر بينمـا تسـاعدها الفـروع الصغـيرة فـى إضافـة حمولتها حتى تعلو الرواسب نهائيا عن مستوى سطح البحر .

تركيب الدلتا Structure of delta :

يتكون القاع من طبقات قاعية Bottomset beds تقريبا من طمى دقيـق الحبيبـات تعلوهـا طبقات أكثر ميلا Foreset beds تتكـون مـن مـواد أكـثر خشـونة مـن الرمـل أو الحصـى وهـى الحمولة الثقيلة من المواد المنقولة التى رسبها النهر فى البحر عند دخوله مياه الشاطىء الهادئـة - توجد فوق هذه الطبقات طبقات علوية Topset beds تمثل آخر الرواسب التى حملها النهر إلى البحر .

البناء بالرياح :

تقوم الرياح بالبناء والترسيب علاوة علـى عملياتهـا السـابق شـرحها فـى النحـت والنقـل - وتسمى الرواسب التى تنقلها الرياح وترسبها بالرواسب الريحية Aeolian deposits وهى تشمل

(أ) الرواسب الترابية Dust deposits وأهمها الرماد البركانى Volcanicash واللويس Loess وهو تراب سطحى ينشأ غالبا من تفتيت الصخور التى تنقلها وترسبها الأنهار الجليدية بعد جفافها أو من المناطق الصحراوية – وتوجد منه رواسب هامة .

البناء بالأنهر الجليدية :

تشمل رواسب الأنهر الجليدية والمواد الصخرية التى يحملها الجليد معه إلى نهاية النهر الجليدى وتسمى هذه الرواسب Moraines وقد سبق الحديث عن أنواعها مع الجزء الخاص بالنحت الجليدى .

الباب السادس

صور التجوية في الصخور

الباب السادس

صور التجوية في الصخور

تعد التجوية بمثابة المرحلة الأولي في تعرية البيئة الطبيعية، وهي كما أسلفنا عملية ثابتة لا يرتبط بعملها التحرك أو الأنتقال. ويقتصر فعلها علي تفتيت الصخر وإعداده لكي ينقل بعد ذلك عن طريق عامل أو آخر من عوامل التعرية كالماء الجاري أو الجليد المتحرك أو غيرهما.

وتقسم التجوية إلي نمطين:

١. **تجوية ميكانيكية أو طبيعية :** ويقصد بها العمليات التي تؤدي إلي تحطيم الصخر وتجزئته إلي مفتتات بشرط أن يظل التركيب ثابتاً دون أن يتغير.

٢. **تجوية كيميائية:** وهي التي تعمل عي تحلل الصخر وتحويل بعض من مكوناته المعدنية إلي معادن أخرى قد تختلف في الشكل والتكيب عن حالتها الأصلية.

التجوية الميكانيكية

وهي تمارس عملها في تحطيم الصخور بثلاث طرق

١- **الأختلاف اليومي الكبير في درجات الحرارة :** ويتضح تأثير ذلك علي الخصوص في الجهات الصحراوية حيث يصفو الجو ويشتد الجفاف. ففي النهار تلهب الشمس بأشعتها سطح الأرض فتعظم الحرارة، وفي الليل يحدث الإشعاع الأرضي السريع للحرارة فتهبط هبوطاً كبيراً. وتتعرض أسطح الصخور في تلك الجهات تعرضاً مباشراً للتغيرات الحرارية اليومية الحادة، فتتمدد بالنهار وتتكمش بالليل. ولما كانت الصخور رديئة التوصيل للحرارة، فإن تأثير التغير الحراري ينحصر في مستوياتها العليا دون السفلي، وتنشأ عن ذلك ضغوط Stresses خلال مكونات الصخور تؤدي إلي إحداث تكسر مواز لسطوحها. وتتفكك الصخور حينئذ في هيئة أشرطة توازي سطوحها. وعملية التفكك بهذا الوصف تسمي عادة بالتقشر Exfoliation.

وتتركب معظم الصخور النارية والمتحولة من معادن تتبـاين فـي درجـات تمـددها وانكماشها ، نظراً لأنها تختلف فيما بينها في حرارتها النوعية . ويـؤدي التبـاين فـي التمدد والانكماش إلي تحطيم الصخر ، بل وإلي تكسر دقيق في مكوناتـه المعدنيـة . وتختلف المعادن أيضاً في ألوانها ، ومن ثم في درجات امتصاصها للحرارة وفي مقدار التمدد الذي يؤدي بدوره إلي تصدع داخلي في الصخر . وتشير تقارير الرحالـة فـي الجهات الصحراوية إلي حدوث أصوات تشبه فرقعة طلقات نارية ، ويعتقد أنها أصوات تكسر الصخور بتأثير التغيرات الحرارية .

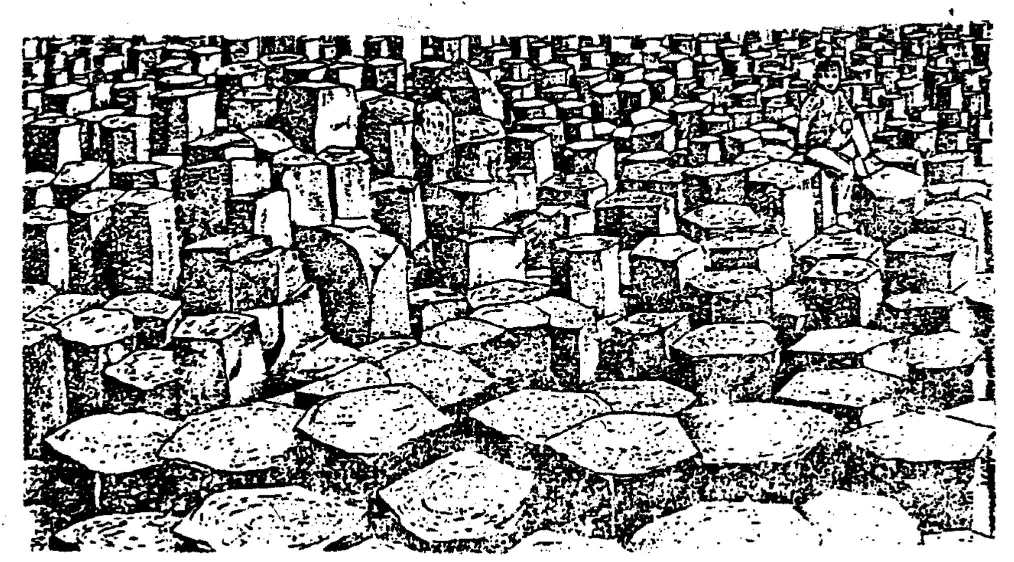
وقد يساعد هذه العملية سقوط أمطار غزيرة أو سيول تعمل هي الأخرى علي تقسيم الصخر علي طول الشقوق والمفاصل، كما تنقل المفتتات الصخرية من المناطق التي أشـتقت منها، وأرسابها في مناطق اخرى قد تبعد عدة أميال عن المركز الأصلي للصخور. وتـوالي فعل حدوث الحرارة والبرودة علي سطح الصخر ينجم عنه تفتيت الصخر علي شكل قشـور صخرية تتآكل من الصخر بالتدريج وتعرف هذه العملية باسم تقشير الصخر Exfoliation. ويعظم أثر هذه العملية الأخيرة إذا تميزت المنطقة بعظم المدى الحراري اليومي والفصلي.

وعندما تحدث عملية تقشير الصخر في تكوينات صخرية عظيمة السمك قد ينتج عن ذلك صخور بيضاوية الشكل، ضخمة الحجم يطلـق عليهـا تعبيـر الصـخور المسـتديرة Flesenmeere، أو القباب البيضاوية الناتجة عـن فعـل تقشـير الصـخر Exfoliation domes، ومن أمثلتها تلك التي تتكون في المرتفعات الجبلية في ولايـة كارولينـا الشـمالية بالولايات المتحدة الأمريكية والقباب الجرانيتية في جنوب غرب أفريقية.

وقد أوضح الأستاذ بلاكفيلدر Blackwelder بأنه ليس من الضروري أن ينتج عن عملية تقشير الصخر، في كل حالة، إزالة أجزاء واسعة من أسطح التكوينات الصـخرية، أو تكوين قباب صخرية، بل قد ينتج في بعض الأحيان بفعل أختلاف درجات الحرارة اليوميـة وأثرها في تشكيل معادن الصخر، أن تتفتت بعض هذه المعادن وتتكسر في حي قد لا يكـون التغير الحراري اليومي كافياً لتكسير بعض المعادن الأخرى الممثلة في الصخر. وينتج عـن اختلاف تأثر المعادن بفعل التغير الحراري حدوث ما أسماه بلاكفيلدر باسم التقشير المحبـب للصخر Granular exfoliation حيث أن مكونات الصخر يصبح شكلها محببـاً بصـورة



تأثير تتابع فعل التجمد والذوبــان فى تفتيت التكوينـــات الصخرية ـ منطقة تريفان ـ شمال ويلز .



تشقق زاوى (ذو زوايا) فى البـازلت

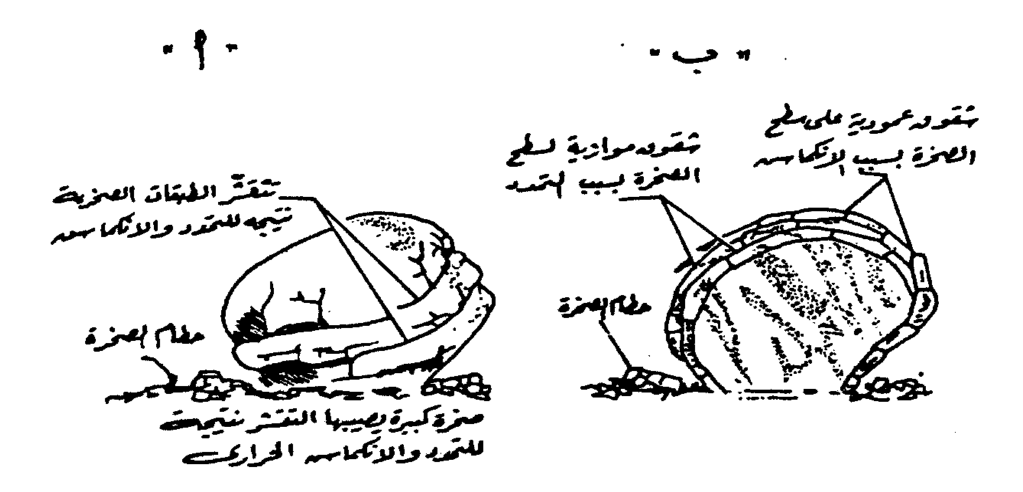
عامة. ويعظم حدوث هذه العملية في تكوينات الكوارتز بمرتفعات ولاية مونتانا بالولايات المتحدة الأمريكية.

٢- **التغير الحراري اليومي في الجهات الباردة** : وهنا تلعب المياه المتسربة في مسام الصخور دوراً كبيراً في تحطيمها. ففي النهار تعمل الحرارة علي إذابة الجليد، فتتسرب المياه الذائبة في مسام الصخور وشروخها وتملأها. وفي الليل تؤدي البرودة الشديدة إلي تجميد المياه في المسام والشروخ، فيكبر حجمها، ومن ثم تضغط علي جزيئات الصخر، وتساعد علي فصلها عن بعضها.

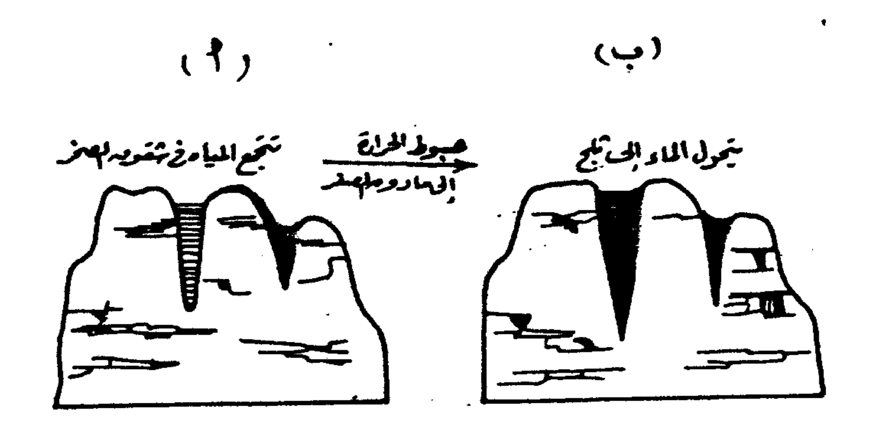
وظواهر تأثير عملية التجمد والذوبان أو فعل الصقيع شائعة في الحياة اليومية بالجهات الباردة. وحيث يعظم تأثير الصقيع في الصخور اللينة حتى أثناء الموجات الباردة القصيرة المدى، ويحدث أحياناً أن تنفصل طبقات من أسطح المحاجر الطباشيرية بسبب نمو بلورات الثلج في ثناياها. وتتأثر أسطح التكوينات الحصوبة تأثيراً شديداً بتتابع التجمد والذوبان. فكثيراً ما يشاهد حطام صخري سميك عند أسافل التلال (تالوس Talus) بعد مضي بضعة أيام من توالي تأثير الصقيع في تكويناتها. وإلي فعل التجمد والذوبان يعزى أيضاً تكوين التراكمات المروحية (سكري Scree) التي يكثر وجودها عند أسافل النطاقات الجبلية التي أصابها فعل الجليد، وهي واسعة الانتشار في أرجاء وسط أوربا وشمالها التي تأثرت بجليد عصر البلايوستوسين.

ويطلق علي عملية تفتيت الصخر بواسطة فعل تجمد المياه في الشقوق تحت هذه الظروف تعبير Congelifration أما زحف المفتتات الصخرية من أعالي الحافات إلي ما تحت اقدامها فأطلق عليها الأستاذ كيرك برايان K. Bryan عام ١٩٤٠ تعبير Congeliturbation. وقد عملت هذه الرواسب والمفتتات الصخرية الأخيرة Congeliturbate علي تشكيل المظهر الجيومورفولوجي العام لهذه المناطق وذلك تبعاً لإمتلاء المقعرات السطحية وتسوية المظهر العام لسطح الأرض.

ويظهر أثر فعل تتابع التجمد والذوبان في تشكيل مورفولوجية الحافات الصخرية في مقاطعة يوركشير علي سفوح جبال البنين البريطانية. وقد نجم عن ذلك اتساع فتحات الشقوق الرأسية والعرضبية في الحافات الصخرية، وتسهيل عمليات تساقط الصخر وانزلاق



التجوية بفعل التمدد والانكماش الحراري.



التجوية بفعل التجمد والذوبان.

الصخور، هذا إلي جانب تشكيل الحافات الجبلية المرتفعة بظواهر متنوعة من الشواهد الصخرية المنعزلة والمعروفة محلياً باسم Tors.

٣- التجوية الملحية : Salt Weathering

لا يقصد بهذا التعبير حدوث التجوية الكيميائية نتيجة لتكوين الملح ولكن يقصد بذلك الفعل الطبيعي الناتج عن تكوين بلورات الملح داخل الشقوق الصخرية أو بالقرب من سطح الصخر. ففي بعض الأحيان قد تساعد ظروف التربة ومكوناتها والمياه الجوفية فيها علي تجمع الأملاح علي شكل بلورات ملحية فيها. وقد تساعد هذه الظروف علي الزيادة المضطردة لنمو تلك البلورات الملحية ومن ثم تؤدي إلي زيادة اتساع فتحات الشقوق الصخرية وتفتيت الصخر طبيعياً. وتحدث هذه العملية بدرجة كبيرة في الترابات الملحية كما هو الحال بالنسبة لتربة سالونشاك Solonchak وفي المناطق شبه الصحراوية. وقد أكد الاستاذ أولير Cliff Ollier, 1959 بأن البلورات الملحية يعظم انتشارها في تكوينات هضبة المعازة بالصحراء الشرقية في مصر حيث أن الصخور الجيرية هنا، تحتوى علي نسبة عالية من كلوريد الصوديوم وتبعاً لحدوث السيول وبفعل الرطوبة في التربة تتكون بلورات الملح في الطبقة السطحية من الصخر الجيري وتعمل علي تفتيت الصخر. وقد شاهد الاستاذ هورست حاجيدورن Hagedorn الآثار الناتجة عن فعل التجويةة الملحية في أعالي المرتفعات بمنطقة مرتفعات تبستي بالصحراء الكبري، وفي مرتفعات القسم الجنوبي من ليبيا. وأكد حاجيدورن بأن هذه العملية تختلف تماماً عن عملية "التقشير الصخري" التي تحدث في الصخور في المناطق الصحراوية تبعاً للتغير الحراري اليومي.

التجوية الكيميائية:

وهي تنشأ عادة من تفاعل غازات الجو كالأوكسيجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء مع العناصر التي تتألف منها معادن الصخور ومن ثم يمكن التمييز بين العمليات الآتية التي تحدث بواسطتها تجوية الصخور كيميائياً.

١. **عملية الأكسدة** : ويقصد بها إضافة مزيد من الأوكسجين إلي تركيب المعادن الحديدية التي توجد في المستويات التي تعلو مستوى الماء الأرضي. مثال ذلك ما يحدث للصخور الرسوبية الطينية التي تتميز بلونها الأزرق أو الرمادي (لاحتوائها



تفكك الصخر بفعل التجوية الميكانيكية



جرانيت مفكك ذو فواصل، نتوءات صخرية منعزلة فى جريت ستيل

علي مكونات حديدية) طالما كانت بمعزل عن الهواء. وحينما تتعرض للجو تتأكسد مكوناتها الحديدية فيتحول لونها إلي اللون الأحمر أو البني. وتبدو هذه الظاهرة واضحة في الأراضي التي تتركب من صلصال جلاميدي أو طين، فنشاهد مستوياتها العليا بنية اللون، بينما نري طبقاتها السفلية رمادية ضاربة إلي الزرقة.

٢. **عملية التميؤ** : ويقصد بها اتحاد الماء أو بخاره مع بعض العناصر التي تتألف منها معادن الصخور فتكبر وتتمدد. وينشأ عن هذا التمدد ضغوط تؤثر في الصخر، وتعمل علي إضعافه وتفككه، ومن المعادن التي تقبل التميؤ معدن أنهيدريت Anhydrite (كبريتات كالسيوم) فيتحول بإتحاد الماء إلي جبس.

٣. **الإذابة البسيطة** : وهي ليست شائعة الحدوث في الطبيعة. فالمعادن التي تقبل الذوبان العادي في الماء كالملح الصخري (هاليت) قليلة للغاية وهي في نفس الوقت لا تدخل في تركيب الصخور إلا نادراً. ومع هذا فقد تكون الإذابة البسيطة ذات أهمية خاصة في بعض المناطق التي يكثر فيها وجود صخور ملحية.

٤. **عملية الكربنة أو الإذابة بمساعدة الحوامض:** وهي مهمة في التحلل الكيميائي للصخور الجيرية والدولوميتية الواسعة الانتشار علي سطح الأرض. ومؤدي هذه العملية أن مياه الأمطار تذيب بعضاً من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو، فتتحول المياه إلي حامض كربونيك مخفف. وهذا الحامض له القدرة علي إذابة كربونات الكالسيوم، وهي المادة التي يتركب منها الصخر الجيري، وتحويلها إلي بيكربونات الكالسيوم، وهذه تقبل الذوبان في الماء. ومن ثم تذوب وتتحول إلي محلول مائي يضاف إلي المياه الأرضية. وبيكربونات الكالسيوم في الواقع غير ثابتة إذ أنها قد تترسب فيما بعد مكونة لما يعرف بالتوفا الكلسية.

ويؤثر الماء العادي في تحلل بعض معادن الصخور النارية كالفلسبارات، وهي كما نعلم مجموعة من المعادن الهامة التي تدخل في تركيبها. فهو يتفاعل مع الأورثوكلاز (فلسبار بوتاسي) ويؤدي إلي تكوين أيدروكسيد بوتاسيوم وحامض سليكات الألومنيوم. والأخير غير ثابت إذ يتحلل مكوناً لمعادن صلصالية وسليكات غروية. ويزداد التفاعل بوجود ثاني أكسيد الكربون، وهو متوفر في الجو. وهذا يتفاعل مع أيدروكسيد البوتاسيوم منتجاً لكربونات بوتاسيوم وماء. ويهمنا من ذلك

كله أن الصخر يتحول بالكربنة والإذابة من حالة الاندماج والصلابة إلي حالة من التفكك والتحلل يسهل معها بعد ذلك اكتساحه وإزالته.

وشبيه بهذا تأثير مجموعة من الأحماض تعرف بالأحماض العضوية المشتقة من تحلل المواد النباتية. وهي ذات فعل شديد علي الصخور الطباشيرية بل وعلي الصخور النارية أيضاً. فهي تحلل المعادن الفلسبارية المكونة لها، ومن ثم تعمل علي إضعافها.

ومن أحسن الأمثلة التي توضح فعل التجوية الكيميائية هي تلك التي تتمثل في تشكيل الصخور الجرانيتية بهذه العوامل. فيتركب صخر الجرانيت من معادن أهمها الكوارتز Quartz ، والفلسبار بنوعيه، الفلسبار الارثوكلازي Orthocllase Feldspar (سليكات الالومنيوم والبوتاسيوم والصوديوم أو الكالسيوم)، والبيوتيت Biotite المسكوفيت Musivite ونسب صغيرة من بعض المعادن الأخرى ومنها الزركون Zircon والأبتيت Abatite. وعلي ذلك يختلف تأثير فعل التجوية الكيميائية في المعادن المكونة للجرانيت من معدن إلي آخر. فمثلاً لا يتأثر معدن الكوارتز بفعل التجوية ويبقي كما هو دون أن يطرأ أي تغيير تبعاً لعظم صلابته وعدم قابليته للتحلل أو الذوبان، ويشابه الكوارتز كل من معدني الزركون والمسكوفيت. فبينما يعد الفلسبار الأرثوكلازي قابل للتحلل الكيميائي، حيث يتكربن أو يتحلل إلي سليكا قابلة للذوبان وملح البوتاسيوم، وقد تؤدي البقاية المتراكمة من السليكا إلي تكوين مادة الصلصال Clay، أما الفلسبار البلاجيوكلازي فيتحلل عادة إلي صوديوم وأملاح الكالسيوم كما يكون في النهاية مادة الصلصال. ويتضح من هذا المثال أن عمليات التحليل الكيميائي قد يتولد عنها ظاهرات جديدة. ولفعل التجوية الكيميائية أثراً كبيراً في تحليل طبقات الجير وتكوين ظاهرات عديدة فيها مثل الكهوف الجيرية والحفر الكارستية.

ولا تستقر المفتتات الصخرية بعد تفكيكها ميكانيكياً أو تحللها كيميائياً في موقع ثابت، بل كثيراً ما تكون معرضة للحركة المستمرة والزحف creeping، والتساقط faling ، والأنسياب flawing، والانزلاق Sliding ومن ثم تتجه المفتتات الصخرية دائماً نحو المنحدرات السفلية أو تتدحرج وتنزلق من أعلي إلي أسفل، ويشكل طبيعة عملية تحركها العوامل الآتية:

أ . زيادة الضغط الواقع فوق المفتتات الصخرية تبعا لازدياد تراكمها فوق بعضها

ب. زيادة نسبة الرطوبة في الرواسب وارتفاع كمية المياه فيها

جـ. مدي فعل الجاذبية الأرضية.

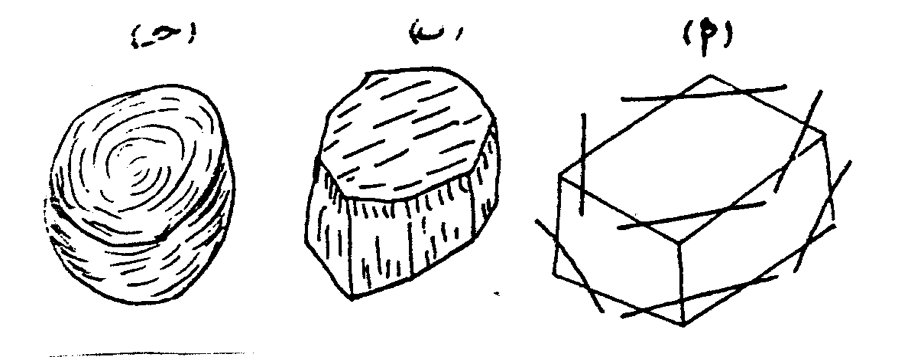
د. طبيعة الأنحدار العام للسطح.

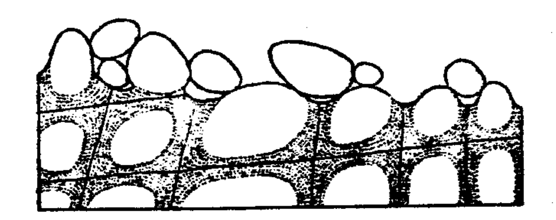
هـ. اختلاف التركيب الصخري للمواد التي تتالف منها المفتتات الصخرية.

وتبعاً لهذه العوامل السابقة قد تكون حركة تدفق المفتات الصخرية بطيئة وينجم عنها تكوين الظواهر التضاريسية الناتجة عن عمليات الزحف، أو سريعة وتؤدي إلي تكوين ظاهرات تضاريسية أخرى تنتج عن عمليات التساقط والانزلاق.

٤- **أثر فعل التجوية في تكوين الصخور البيضاوية الشكل:** عندما تتعرض الطبقات الصخرية للتفتيت والتقسيم بواسطة الشقوق الكثيفة المتشابكة، قد تساعد الأخيرة فعل التجوية في التوغل مسافات بعيدة داخل الصخر نفسه (قد تبلغ أحياناً ١٠٠ قدماً عن السطح). وعلي الرغم من أن مدى أثر فعل التجوية في الصخور يختلف من صخر إلي آخر تبعاً لعوامل محلية متعددة إلا أن هذا الأثر لا يمتد أسفل الخط الدائم للمياه الجوفية. وتبعاً لتقسيم الصخر إلي كتل مكعبة الحجم بواسطة الفوالق الرأسية والعرضية المتشابكة فإن كتل الصخر تتعرض بدورها لفعل عوامل التجوية المختلفة من كل جوانبها ولكن يختلف مدى فعل هذه العوامل في تآكل الكتلة الصخرية من جزء إلي آخر، حيث تتآكل حواف الكتلة وجوانبها بسرعة أعظم منها عن جوفها أو باطنها الذي يبدو في النهاية علي شكل كروي أو بيضاوي بعد أن تشطف جوانب الكتلة. ويطلق علي عملية التجوية التي تنحت جوانب الكتل الصخرية المكعبة وتغيرها إلي شكل شبه بيضاوي تعبير Spheroidal Weathering

وإذا تعرضت فتحات الشقوق الصخرية المتشابكة التي تفصل الجلاميد البيضاوية الشكل بعضها عن البعض الآخر. لفعل تراكم مواد ارسابية ومفتتات صخرية قد تنقل مع المياه الجوفية، فتعمل هذه المواد علي امتلاء فتحات الشقوق وتقوم بعمل تماسك الصخر والتصاق الجلاميد البيضاوي ببعضها. وإذا كانت المادة اللاحمة الجديدة أشد صلابة نسبياً من الجلاميد البيضاوية فإن الأخيرة تتآكل بدرجة أسرع







تكوين الصخور البيضاوية الشكل بفعل التجوية .

من المادة اللاحمة التي تظهر تبعاً لذلك بارزة فوق أسطح الجلاميد وتكون ما يشبه بخلايا النحل ولذا أطلق عليها تعبير Honeycomb Weathering.

التجوية بفعل الكائنات الحية Biotic Weathering

لبعض الكائنات الحية أثراً فعالاً في تفتيت جزيئات الصخر بل وأضعافه جيولوجيا، ومن ثم تسهل إجراء حدوث عمليات التعرية المختلفة. فجذور الأشجار التي تتوغل في باطن التربة وأسطح الصخور خلال فتحات الشقوق والصدوغ تعمل علي أتساع هذه الشقوق وتفكيك الصخر. فإذا كانت جذور هذه الأشجار تحتل أعالي الحافات الجبلية العالية، فينجم عنها سقوط الكتل الصخرية بعد تفككها وسرعة تراجع الحافة الجبلية خلفياً. ونتيجة لاستمرار تغلغل الجذور الرئيسية للنبات في التربة وفي الشقوق الصخرية، تزداد نسبة ثاني اكسيد الكربون داخل الفراغات الصخرية، ويساعد ذلك من ناحية أخرى علي تنشيط فعل التجوية الكيميائية في التربة.

وقد تبين أن الجذور الرئيسية للنباتات Tap roots قد تصل في التربة إلي عمق ١٠ أقدام من سطح الأرض، في حين تنتشر الجذور الثانوية والفرعية إلي أعماق أبعد من ذلك قد تصل نحو ٢٠ قدم من سطح الأرض. ومع ذلك فقد يظهر مدى تأثر التكوينات الصخرية بفعل امتداد جذور النباتات فيها عند أعماق بعيدة عن سطح الأرض قد تبلغ نحو ١٧٥ قدم من سطح الأرض. وعلي ذلك يمكن القول بانه لا تقتصر علي عملية تفتيت التربة أو الصخر بفعل امتداد جذور النباتات وحدها، بل أيضاً بفعل التأثير الكيميائي الناتج عنها، ويظهر آثار ذلك أسفل أطراف جذور النباتات لمسافات بعيدة في الصخر.

ويتضح من البحث الحقلي الأثر الناتج عن الديدان في تفتيت التربة. وقد لاحظ العالم دارون Darwin هذه الحقيقة منذ أكثر من قرنين من الزمان، وأكد بأن الديدان Waruns تعمل علي تفكيك الصخر وتقليب التربة. ولكنه كان مغالياً حين أقترح بأن الديدان يمكن لها أن تقلب نحو ١٥ ألف طن من مكونات التربة في الفدان الواحد خلال العام. ويذكر الاستاذ كينج L. C. King أن تأثير الديدان في تقليب التربة في مناطق جنوب أفريقيا أقل من التقدير الذي أقترحه دارون من قبل. و يصل هذا الأثر إلي تفتيت ما يقدر بنحو ١٠ – ٢٠ طن من مواد التربة في الفدان الواحد خلال العام.

أما النمل الأبيض Termites والذي يعظم أنتشاره في المنــاطق الطينيــة وحــو
المجاري النهرية بأواسط أفريقيا فإنه يعمل علي تقليب التربة بسرعة، ونقل مفتتــات التربــة
واستخدامها في بناء أعمدة طينية رأسية الامتداد يبلغ متوسط أرتفاعها نحو ٣٥ قــدماً فــوق
سطح الأراضي المجاورة. وقد صادف الجيومورفولوجيون في بداية الأمر عــدة صــعوبات
علمية لتفسير مثل هذه الأعمدة الطينية الغريبة الشكل في مثل هذه المناطق ولكن عند تكسـير
أجزاء من هذه الأعمدة أنبثق منها ملايين من النمل الأبيض، وأتضح لهم فيما بعد بأنها بيوت
للنمل الأبيض وعرفت باسم Termitaria. ومن احسن أمثلة هذه الأعمدة الطينية تلك التــي
تتمثل في بعض أجزاء من روديسيا وحوض الكنغو وفي مناطق متفرقة من كينيا، وتنزانيا.

ولبعض الكائنات الحية الأخرى مثل البكتريا Bacteria أثراً ملحوظاً فــي تشــكيل
طبيعة التربة، وتعديل تركيبها الكيميائي بل وخواصها الطبيعية كذلك. وقد ينتج عنها أيضــاً
تحسين تركيب التربة ومكوناتها. والبكتريا أنواع متعددة، تصنف عامة إلي مجموعتين هما:-

أ. **البكتريا متعددة التغذية Heterotrophi** وهذه تستمد غذائها من المصادر العضوية.

ب. **البكتريا ذاتية التغذية Autotrophic**، وهذه بعض منها يستمد غذائه من الأشعة الشمسية
وتقوم بعملية التمثيل الضوئي ومن ثم تعرف باسم Photosynthetic ، وبعضــها الآخــر
يعمل علي أكسدة بعض المواد المعدنية مثل الكبريت والحديد، وتعرف باسم بكتريا كيميائية
التغذية Chemotrophic. ويعد هذا النوع الأخير من أهم أنواع البكتريا التي تــؤثر فــي
تفتيت السطح ، وتقليب مكونات التربة وتغييرها.

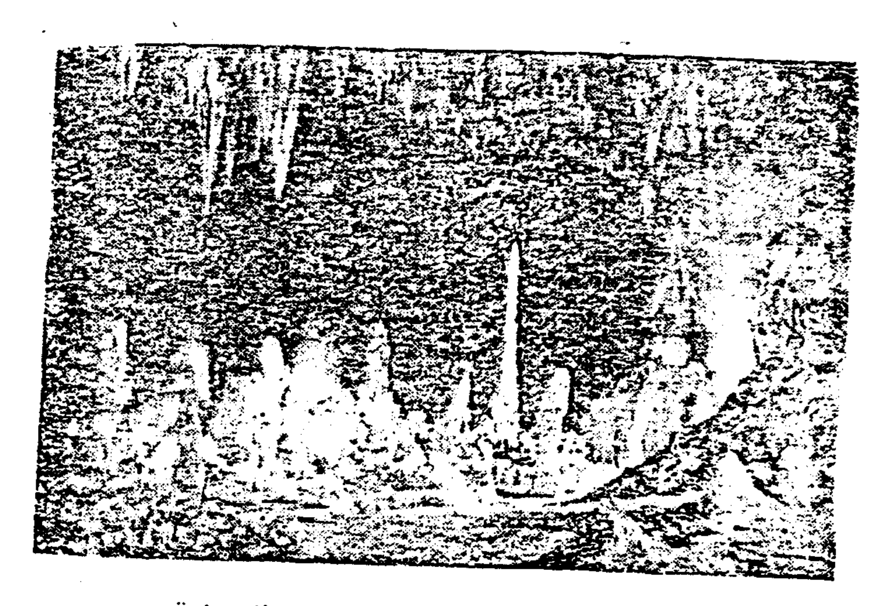
ولا يخفي علينا أثر فعل الحيوانات القارضــة Burrowing animals فــي حفــر
التربة السطحية وتسويتها. فقد تبين أن أسطح التربة الرملية في أواسط أستراليا مفتتة تمامــاً
ويكثر بها الحفر والكهوف وذلك بفعل مجموعات الأرانب البرية التي تعيش فيهــا. وتعمــل
مجموعات كلاب البراري البرية نفس هذا العمل في مناطق تربة التشرنوزم.

وعندما تتجمع الأعداد الكبيرة من القطعان والحيوانات حول العيون المائية بقصــد
الشرب في المناطق شبه الصحراوية التي تتميز بقلة غطائها النباتي، تساعد حوافرهــا علــي
تكسير سطح الأرض وتسويته بل وتفكيك أجزاء التربة كذلك وتحويلها إلي أتربة ورمال دقيقة
الحجم. وتحمل هذه الرمال بدورها بفعل الرياح الشديدة في فصل الجفاف إلي مناطق قد تبعد
مئات الأميال عن المنطقة التي اشتقت منها. وقد أكد بعض الكتاب أن نشأة السهول المستوية



ـد نماذج أعمدة الترميتاريا (بيوت النمل الابيض) في جنوب افريقية .

أثر جذور الاشجار في تفتيت الصخر .



تكوين الكهوف الجيرية بفعل المياه الجوفية .

العظيمة الامتداد حول العيون المائية في هضبة هيريرو Herero في جنوب أفريقيا ترجع إلي تفكك جزيئات التربة ثم تسويتها من جديد بفعل حوافر الحيوانات.

ويعتبر الأنسان كذلك عامل من أهم العوامل التي تنظم عمليات التجوية والتعرية في الصخور. فعند بناء الطرق وشق الممرات والأنفاق وتسوية الأرض كل هذه الأعمال من شأنها أن تؤدي إلي تجديد نشاط عوامل التعرية، وفتح آفاق جديدة لعملها، بل وتقديم مواد جديدة قد تشكل وتنقل بفعل عوامل التعرية المختلفة. كما يعمل الانسان علي تنظيم فعل عوامل التعرية المختلفة، حيث لجأ إلي انبات الغابات من جديد علي السفوح الجبلية الشديدة الانحدار والتي كانت من قبل معرحاً لكل من عمليات الزحف والانزلاق والتساقط الصخري. أما في المناطق الساحلية المنخفضة والتي كثيراً ما تتعرض لطغيان مياه البحر عليها، لجأ الانسان إلي بناء الجسور لحماية الأرض الطيبة التي يقوم بزراعتها. وعن طريق التقدم التكنولوجي لا يزال يعمل الانسان علي استخدام أنسب الوسائل لحماية الشواطئ من فعل التعرية البحرية، وجوانب المنحدرات الجبلية من فعل الانزلاقات الأرضية، واقامة الأسوار الصناعية لحماية الأراضي الزراعية من تحرك الكثبان الرملية وأنشاء مصدات الرياح وأسوار لعرقلة تقدم الجليد والثلج في المناطق البازدة لحماية الطرق البرية.

العوامل التي يتوقف عليها فعل التجوية

يؤثر في درجة التجوية ونوعها عدة عوامل أهمها:

١- **التركيب المعدني للصخور**: تتركب الصخور من معادن متباينة، وكل معدن يختلف عن الآخر في درجة تأثره بالتجوية. ولذلك فإن الصخور التي تتكون من معادن مقاومة للتجوية كالجرانيت لا تتحلل بسهولة، بعكس الصخور التي تتألف من معادن قابلة للتجوية (الكرنبة) كالصخر الجيري. ومن الممكن تنظيم المعادن التي يشيع وجودها في الصخور النارية علي أساس قابليتها للتأثر بالتجوية الكيميائية. وفي القائمة التالية وضعنا أكثر المعادن تأثيراً بالتجوية علي رأسها، وأقلها تأثراً في نهايتها.

معادن داكنة	معادن فاتحة
أوليفين	....
....	بلاجيوكلاز جيري
أوجيت	....
....	بلاجيوكلاز جيري صوديومي
هورنبلند	....
....	بلاجيوكلاز صوديومي
بايوتيت	....
	أورثوكلاز
	موسكوفيت
	كوارتز

ويتضح من القائمة أن المعادن الداكنة هي أكثر المعادن لها قابلية للتأثر بالتجوية الكيميائية، وهي تدخل في تركيب الصخور القاعدية والفوق قاعدية بنسب كبيرة، بينما المعادن الفاتحة قليلة التأثر بالتجوية، وهي تدخل في تكوين الصخور الحامضية. وبناء علي هذا فإن الصخور الحامضية أقل من القاعدية تأثراً بالتجوية الكيميائية. ولنتخذ لذلك مثلاً صخر الجرانيت وصخر الجابرو. فالأول يتركب أساساص من الكوارتز والأورثوكلاز والموسكوفيت والبايوتيت. وبالرجوع إلي القائمة السابقة سنرى أنها جميعاً من المعادن القليلة التأثر بالتجوية الكيميائية. أما الجابرو فيتركب أساساً من الأوجيت والبلاجيوكلاز الجيري الصوديومي، وهما من أكثر المعادن لها قابلية للتأثر بالتجوية الكيميائية.

ولا يتأثر الكوارتز والموسكوفيت بالتجوية الكيميائية. ومن ثم فإنهما يتفككان من الصخر علي هيئة حبيات وشرائح، بينما تتحول المعادن الفلسبارية والحديدية المغنيسية إلي معادن صلصالية. وتبعاً لذلك فإن نتائج تجوية الصخور الجرانيتية تكون عادة أخشن من نتاج تجوية صخور الجابرو. ولهذا أثره في تربة الحطام الصخري الجرانيتي التي تكون عادة أقل خصوبة من تربة الفتات الجابروي، فضلاً عن أن الأخيرة تحتوى علي نسب أكبر من الكالسيوم.

٢- نسيج الصخر ومظهره: ونقصد بذلك حالة التبلور التي يكون عليها الصخر: فيما كان كبير الحبيبات أو دقيقاً، بورفيري المظهر أو زجاجياً. ثم نظام ترتيب البلورات ودرجة اندامجها وتماسكها ببعضها، وعادة ما يكون الصخر الكبير الحبيبات أسرع تأثراً بالتجوية من الصخر الدقيق الحبيبات، وذلك حينما يتماثل الصخران في تركيبهما المعدني. وفي الصخور الكبيرة الحبيبات غالباً ما يترتب علي تجوية معدن من مكوناتها تأثيراً أكبر من تجوية نفس المعدن في الصخور الدقيقة الحبيبات، نظراً لأن الأخيرة تتميز بنسيج أكثر تماسكاً واندماجاً.

٣- بناء الصخور: فالصخور تحوى فواصل ومنها الصخور النارية، وسطوح إنفصال كالصخور الرسوبية الطباقية، أو تتميز بما يشبه الطباقية (النسيج الورقي أو الصفائحي) كالصخور المتحولة. ومثل هذه التراكيب الثانوية تسمح بنفاذ تأثير عوامل التجوية خاصة التجوية الكيميائية. وكلما كثر وجودها في الصخر كلما ازداد تأثره بالتجوية. وفضلاً عن ذلك فإن الصخور التي يصيبها الالتواء والأنكسار تكون أكثر تعرضاً للتجوية من غيرها نظراً لما يحدث بها من تصدع وتفلق يضعفانها.

٤- المناخ: وهو يؤثر في الأهمية النسبية لمختلف أنواع التجوية. فالتجوية الميكانيكية تسود في الأقاليم الباردة والجافة. بينما تسود التجوية الكيميائية في الأقاليم الرطبة سواء كانت معتدلة أو حارة. وعلي الرغم من شيوع التجوية الميكانيكية في الأقاليم الجافة، فإن التجوية الكيميائية لها أثرها أيضاً. فمهما يكون الهواء جافاً في الصحاري، فإنه لن يخلو من قدر ولو يسير من بخار الماء الذي قد يتكاثف فوق الصخور التي يتم تبريدها بسرعة أثناء الليل علي هيئة ندي. وقد تبين من دراسة الآثار الجرانيتية المصرية أن هنالك من المواضع ما يناسب تجويتها كيميائياً. فالتماثيل التي توجد بجوار القاهرة حيث يسقط مطر قليل قد أصابتها التجوية بدرجة أكبر من زميلاتها في صعيد مصر الأجف. وقد إتضح أيضاً أن أسافل التماثيل قد تأثرت بالتجوية أكثر من أعاليها، وذلك بسبب تعرضها للرطوبة والبلل لاتصالها بالتربة.

ويتغلب تأثير التجوية الكيميائية علي التجوية الميكانيكية في الأقاليم المعتدلة حيث يعتدل سقوط المطر ويقل البخر. وفي المناطق الاستوائية تتوفر الظروف المثالية لعمليات التجوية الكيميائية، إذ تجتمع هنا شدة الحرارة مع غزارة المطر. وهنا نجد الصخور في بعض الأصقاع وقد جويت لأعماق تتراوح بين ٣-٦م، بل أحياناً إلي أعمق من ذلك. وتتأثر الصخور هنا بفعل الكربنة والحوامض العضوية تأثراً شديداً وسريعاً. وقد أشار دي مارتون

إلي تكوين طبقة من الحطام الصخري في منطقة ريو دي جانيرو بلغ سمكها نحو نصف متر في مدى عشرين عاماً فقط.

٥- **الزمن** : من البديهي أنه كلما طال زمن تعرض الصخر للتجوية كلما اشتد عمقها وزاد الصخر بها. ومع هذا فمن الممكن أن يكون هناك حداً لفعل التجوية ما لم يكتسح نتاجها من فوق الصخر باستمرار. ومن المؤلفين – ومنهم ديفز – من يعتقد أن التربة أو نتاج التجوية يحمي الصخر الذي يرتكز عليه من فعل التجوية. وإذا صح هذا بالنسبة للتجوية الميكانيكية، فإنه لا يصح تماماً بالنسبة للتجوية الكيميائية. فالتجوية الكيميائية تستطيع النفاذ إلي الصخور والتأثير فيها قبل أن تتكشف للجو، أي أثناء وجودها مدفونة أسفل الحطام الصخري. وكثيراً ما يحدث أن تصبح التربة المسامية نفسها بمثابة إسفنجية مشبعة بالأحماض العضوية. التي تؤثر في الصخور من أسفلها فتجويها.

الباب السابع

الحركات والتركيبات الأرضية

الحركات والتركيبات الأرضية

Earth movements and structures

الحركات الأرضية :

توجد أدلة عديدة تثبت بوضوح حركة الطبقات الخارجية للأرض كما تثبت حركة البحر تقدماً ورجوعاً بالنسبة للقارات ولهذه الحركات أنواع وأشكال مختلفة .

١- فبعضها سريع مفاجيء مدمر مثل الازاحات الصخرية التى تسببها الزلازل والتى تصل إلى درجات كبيرة فى بعض الأحيان مثل زلزال سان فرنسيسكو فى عام ١٩٠٦ الذى سبب إزاحة أفقية تراوحت بين قدمين وواحد وعشرين قدماً ، وإزاحة رأسية وصلت إلى ثلاثة أقدام – أو مثل زلزال اليابان فى عام ١٩٢٣ حيث وصلت الإزاحة إلى ألف قدم – أو زلزال الاسكا فى عام ١٨٩٩ الذى بلغت إزاحته ٤٧ قدماً .

ولكن أغلب الحركات الأرضية بطيء لا يظهر تأثيرها إلا على مر الزمن الطويل .

٢- بعض الحركات الأرضية عمودية تسبب أرتفاعا أو انخفاضا فى مستوى الطبقات الصخرية أو ميلا لهذه الطبقات فى أى اتجاه كان أو تغيراً فى وضع البحر واليابسة بعضها بالنسبة لبعض – وهذه الحركات معروفة جداً وتكررت فى معظم بقاع العالم طوال الأزمنة الجيولوجية المختلفة التى تعاقبت على الأرض .

٣- ويوجد نوع ثالث من الحركات كان مسئولاً عن بناء سلاسل الجبال الشاهقة مثل جبال الهملايا أو الالب .

التراكيب الجيولوجية

علاقة التراكيب الجيولوجية بالحركات الأرضية

التراكيب الجيولوجية التى تدل على تغير الأشكال الاصلية للصخور من أكثر الشواهد الجيولوجية شيوعا على حدوث حركات أرضية ، إذ إنه لا يمكن أن تتشوه الأجسام الصلبة إلا إذا تعرضت لقوى تسبب حركات مصحوبة بتشويه الأشكال الأصلية لهذه الأجسام .

والصخور الرسوبية أفضل الصخور التي يمكن دراسة التراكيب الجيولوجية عليها ، لأن طبيعة تكوين هذه الصخور تسهل معرفة أشكالها الاصلية قبل حدوث أى تشوه لها . فالصخور الرسوبية تتكون فى الاصل على هيئة طبقات أفقية موازية لمستوى الترسيب الذى يوافق مستوى سطح الأرض أثناء تراكم الرسوبيات ، فأى انحراف عن الوضع الأفقى لهذه الطبقات يدل على حدوث حركات أرضية أثرت فى الطبقات الرسوبية بعد ترسيبها .

وحتى عملية الترسيب نفسها دليلاً على حدوث حركات أو حركة أرضية هابطة (من أعلى إلى أسفل) . والعالم الأمريكى دانا Dana (١٨٧٣) هو أول من أدرك أهمية الحركات الأرضية الهابطة subsidence لتراكم كميات كبيرة من الرسوبيات فى الاحواض الترسيبية .فلاحظ هذا العالم أن سمك رسوبيات حقب الحياة القديمة فى جبال الأبلاش فى شمال أمريكا يصل إلى عدة آلاف من الأمتار بالرغم من أن كل هذه الرسوبيات تدل على ترسيب بحار ضحلة لا يتجاوز عمقها بضع عشرات من الأمتار . وذلك يدل على أن هذه الرسوبيات لم تتكون نتيجة لردم حوض ترسيبى عميق يصل عمقه آلاف الأمتار وهو سمك الرسوبيات اللازمة لردم هذه الحفرة . ولكن تدل المشاهدات السالفة الذكر على أن رسوبيات الباليوزووى فى جبال الأبالاش تكونت نتيجة لانخفاض مستمر لقاع بحر ضحل أثناء فترة طويلة من الزمن وهذه الفترة هى طول مدة حقب الحياة القديمة .

أنواع التراكيب الجيولوجية

وتدل المناقشة السابقة على أنه يمكن تقسيم التراكيب الجيولوجية العامة فى الصخور الرسوبية والناتجة عن الحركات الأرضية إلى نوعين .

﴿ ١ ﴾ النوع الأول : يحوى التراكيب التى تنشأ نتيجة لتأثير الحركات الأرضية فى الترسيب وفى عملية تكوين الطبقات الرسوبية نفسها ، وتتمثل هذه التراكيب على وجه العموم فى ظاهرة عدم التوافق (unconformity) فى التسلسل الاستراتجرافى للطبقات .

﴿ ٢ ﴾ النوع الثانى : يحوى التراكيب التى تنتج عن تأثير الحركات الأرضية فى الشكل الهندسى العام للطبقات الرسوبية بعد ترسيبها . ويمكن أن نطلق على هذه التراكيب اسم التراكيب البنائية (أو التراكيب الثانوية) لأنها السبب فى تكوين الشكل البنائى للقشرة الأرضية فى كثير من المناطق .

وهناك نوع ثالث من التراكيب الجيولوجية للصخور الرسوبية ، وهو لا ينتج عن الحركات الأرضية التابعة للعمليات الداخلية ، بل هو ناتج عن تأثير العوامل الخارجية فى الترسيب وأحيانا يشار إلى هذه التراكيب باسم التراكيب الأولية Primary structures of sedimentary rocks لأنها تتكون أثناء تكون الصخور نفسها وفى الفقرات التالية سنتناول كل نوع من هذه التراكيب على حدة .

تراكيب جيولوجية ناتجة عن تأثير العمليات الخارجية (تراكيب أولية)

الجزء الأكبر من هذه التراكيب ينتج عن تأثير التيارات المائية (بحرية أو نهرية) أو الهوائية في عمليات الترسيب وهناك علاقة كبيرة بين هذه التراكيب والوضع الجغرافى لمكان الترسيب أثناء تراكم الرسوبيات . فهناك تراكيب مميزة للمناطق القارية أو النهرية أو الشاطئية أو البحرية الضحلة أو العميقة .

والتراكيب الآتية أكثر التراكيب الأولية انتشاراً :

(١) التطبق والترقق stratification and lamination : **يتميز الكثير من الصخور الرسوبية بوجود تغيرات رأسية فى مظهره الصخرى . والتطبق ليس إلا نتيجة هذه التغيرات . ويتراوح سمك** الطبقات التى يمكن أن تميزها العين المجردة في الصخور الرسوبية بين جزء من المليمتر ومئات الأمتار . ويطلق أسم الطبقة stratum على جزء من الصخور الرسوبية محدد بمستويين متوازيين (مستوى علوى ومستوى سفلى) ، ويتراوح سمك هذا الجزء من الصخور بين سنتيمتر واحد وعدة أمتار . أما المصطلح رقائق laminae (ومفرده رقاقة lamina) فيطلق على صفيحات لا يزيد سمكها على بضعة مليمترات ، إذ إنه يصعب هنا تمييز أى تدرج أو اختلاف فى حجم الحبيبات المكونة للصخر بالعين المجردة . وتميز الرقائق الصخور الرسوبية الفتاتية الدقيقة الحبيبات (مثل الطفل والغرين والرمل الناعم) .

(٢) التطبق المتدرج graded bedding : وفى حالة الرسوبيات الفتاتية الخشنة مثل الرمال الخشنة والحصى يمكن فى بعض الأحيان ملاحظة تدرج حجم الحبيبات مع التطبق . وفى العادة يبدأ هذا التدرج بالحبيبات الغليظة فى المستويات السفلى للطبقة ويمكن أن يتكرر هذا النظام فى عدة طبقات متتالية . ويعرف هذا النوع من التراكيب الأولية للصخور الرسوبية باسم التطبق المتدرج . وهو ممثل عادة فى طبقات يتراوح حجمها بين حوالى سنتيمتر واحد وبضع

عشرات السنتيمترات ، ومن الممكن ملاحظة هذا التدرج بالعين المجردة أو باستعمال عدسة ذات تكبير متوسط .

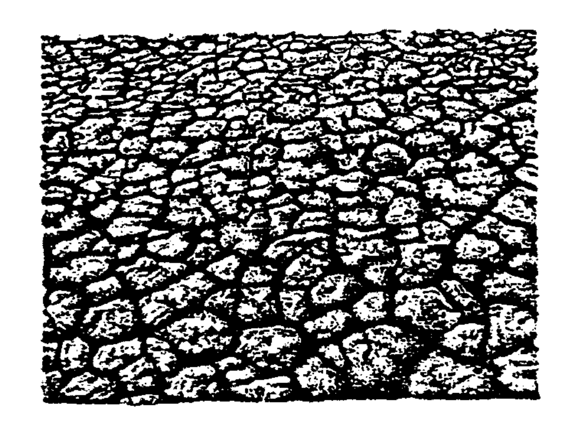
(٣) **التطبق الكاذب والتطبق المتقطع false and cross bedding** : تنشأ التراكيب الأولية التى ناقشناها فى الفقرات السابقة عن عمليات الترسيب بواسطة الجاذبية ، ولا يظهر فيها أى أثر لاتجاهات التيارات التى تنقل المواد الرسوبية ، ولكن توجد أحياناً فى الرسوبيات الغليظة الحبيبات أنواع اخرى من التطبق ، وهذه الأنواع من التطبق غير موازية لمستوى الترسيب ، بل تميل على هذا المستوى فى اتجاه التيارات التى كانت سائدة أثناء تراكم الرسوبيات . ويكون انتشار الطبقات محدوداً فى هذا النوع من التطبق كما تكون الطبقات نفسها غير متوازية . وتحوى هذه الأنواع من التطبق ما يسمى بالتطبق الكاذب false bedding أو تطبق التيارات current bedding وأيضا التطبق المتقطع cross-bedding .

ويكون انتشار كل طبقة من التطبق الكاذب كبيراً نسبياً أحياناً ، وهذا النوع من التطبق يميز رسوبيات تكونت فى مناطق تسود فيها تيارات ثابتة الاتجاه ، مثل الأنهار أو مناطق الدلتا . أما التطبق المتقطع ، فيسود فى المناطق التى يكون فيها اتجاه التيار متغيراً .

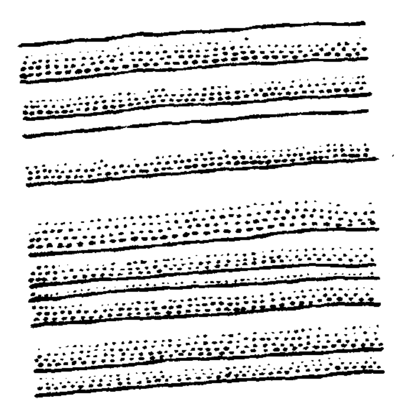
ويظن بعض العلماء أن التطبق المتقطع الذى له أحجام كبيرة (أى الذى يكون فيه سمك الطبقة المتقطعة كبيراً نسبياً) يشير إلى رسوبيات تراكمت بفعل الرياح . فيكون هذا التطبق المتقطع نتيجة لتراكم كثبان رملية sand dunes ، لا يمكن أن يكون حجمها صغيراً أما الرسوبيات التى لها تطبق متقطع صغير فى الحجم ، فتعد رسوبيات بحرية ضحلة (تراكمت على قاع متأثر بفعل الأمواج أو التيارات السطحية) أو هى رسوبيات نهرية أو متكونة فى بحيرات ، بعيدة عن تأثير التيار الأساسى للنهر الذى يسود فى مجرى النهر نفسه .

وميكانيكية تكوين التطبق الكاذب غير مفهومة بالضبط حتى الأن . ويظن بعض العلماء أن وجود اختلاف كبير فى حجم الحبيبات الفتاتية المكونة للرسوبيات عامل هام لتكوين الطبقات الكاذبة .

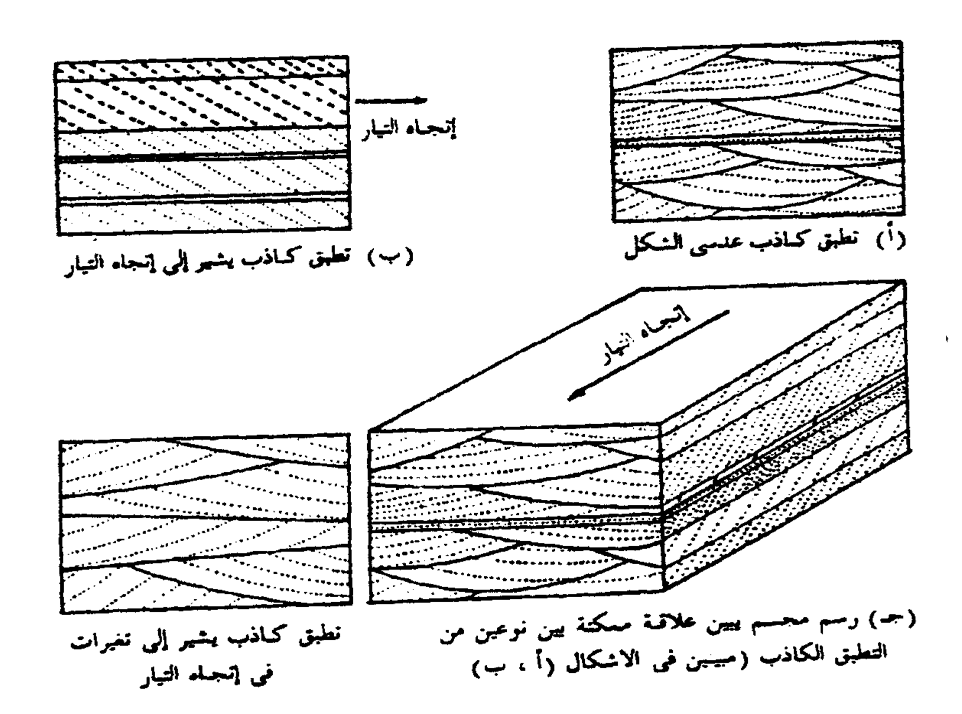
(٤) **علامات النيم : ripple marks** : وهذه العلامات هى تموجات صغيرة لا تتجاوز السنتيمتر بكثير تتكون على سطح الرسوبيات (مثل الرمال) نتيجة لفعل الرياح أو التيارات المائية . ويمكن بدراسة هذه العلامات تحديد اتجاه الرياح أو التيارات . ووجودها فى الرسوبيات المائية دلالة على المياه الضحلة .



الشقوق فى الرسوبيات الطينية



التطبق المتدرج



(أ) تطبق كاذب عدسى الشكل

(ب) تطبق كاذب يشير إلى إتجاه التيار

(جـ) رسم مجسم يبين علاقة ممكنة بين نوعين من التطبق الكاذب (مبين فى الأشكال (أ ، ب)

تطبق كاذب يشير إلى تغيرات فى إتجاه التيار

بعض أنواع التطبق الكاذب

(٥) الفواصل والشقوق فى الرسوبيات الطينية mud cracks عندما تجف الرسوبيات الطينيه ينكمش سطح هذه الرسوبيات مكوناً شقوقاً مميزة انظر شكل ووجود مثل هذه الشقوق فى الصخور يدل على تعرض الرسوبيات للهواء وللجفاف بعد فترة من البلل .

تراكيب ناتجة عن تأثير الحركات الأرضية فى عمليات الترسيب (عدم التوافق)

لقد أشرنا سابقا إلى أن هناك نوعا من التراكيب فى الصخور الرسوبية ناتجاً عن تأثير الحركات الأرضية فى عملية الترسيب نفسها .ففى كثير من الأحيان تسبب حركات أرضية رافعة انقطاعاً فى الترسيب ، وفى نفس الوقت يمكن أن تؤثر هذه الحركات فى وضع الطبقات التى ترسبت قبل حدوثها كما هو مبين فى شكل ، حيث إن الحركات الأرضية تسببت فى تكوين انثناءات فى الطبقات القديمة

وإذا حدث أن سمحت الظروف باعادة الترسيب مرة ثانية فوق الطبقات القديمة التى تعرضت للحركات الأرضية ، يتكون بين مجموعة الطبقات القديمة (التى ترسبت قبل حدوث الحركات الأرضية) والطبقات الحديثة (التى ترسبت بعد حدوث الحركات الأرضية) سطح من عدم التوافق كما هو مبين فى شكل

وهناك عدة أنواع من عدم التوافق :

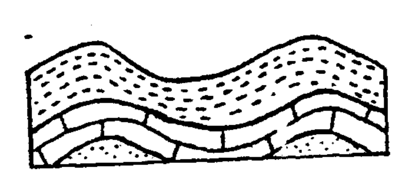
(١) حينما تعقب عملية ترسيب الطبقات العليا فترة من النشاط التكتونى الذى يؤدى إلى تغير ميل الطبقات السفلى تغيراً جذرياً ، يتكون عدم توافق زاو angular unconformity ، وفى هذه الحالة يوجد فرق واضح فى الميل بين المجموعتين الصخريتين اللتين يفصل بينهما سطح عدم التوافق

(٢) وإذا ترسبت مجموعة من الصخور الرسوبية على صخور نارية أو متحولة يتكون سطح عدم توافق بين الصخور الرسوبية والصخور الأخرى- كما هو مبين فى الشكل ويمكن تسمية هذا النوع من عدم التوافق باسم اللاتوافق التخالفى (non-conformity) .

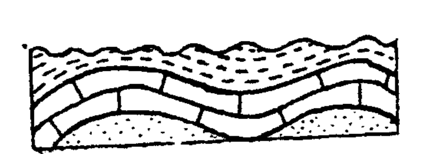
(٣) أحيانا يتكون عدم التوافق بين مجموعتين من الصخور لها نفس الميل بحيث يكون سطح عدم التوافق متعرجاً قاطعاً مستويات الطبقة . كما هو مبين فى الشكل ويمكن تسمية هذا النوع من عدم التوافق باسم اللاتوافق الإنقطاعى (disconformity) .

ترسيب طبقات أفقية

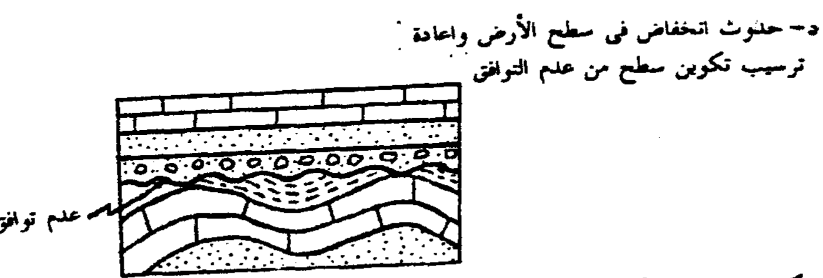
ب- حدوث حركات أرضية رافعة مسببة فى حدوث تغيير فى الوضع الأفقى للطبقات .



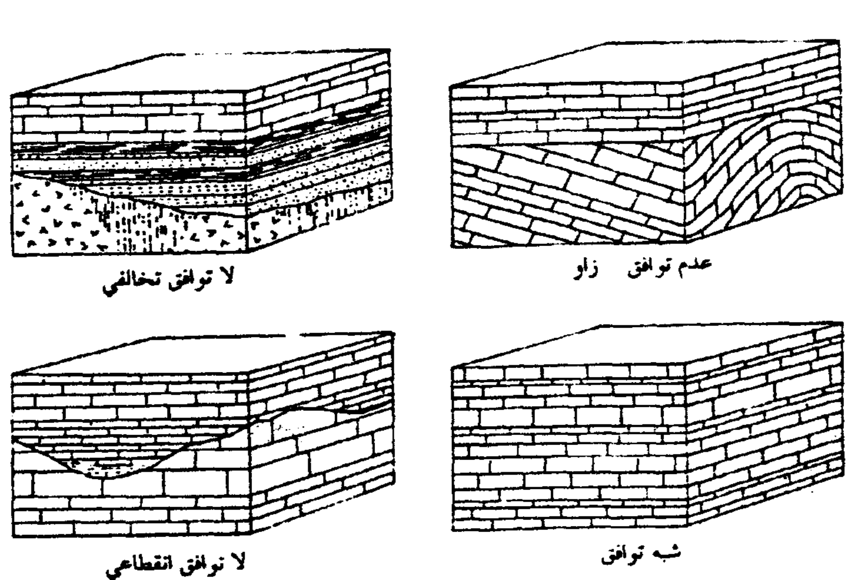
جـ- تؤدى عوامل التعرية الى تآكل الأجزاء المرتفعة من الطبقات القديمة .



د- حدوث انخفاض فى سطح الأرض واعادة ترسيب تكوين سطح من عدم التوافق



شكل تكوين عدم التوافق



أنواع عدم التوافق

(٤) وهناك حالات يكون فيها سطح عدم التوافق موازيا لأسطح الطبقية (انظر الشكل)
ويسمى هذا النوع من عدم التوافق : شبه توافق paraconformity وعلى عكس الحالات الثلاث السالفة الذكر ، فالنوع الرابع من عدم التوافق (شبه التوافق) يصعب تعرفه فى الحقل بدراسة العلاقات التركيبية بين الطبقات والصخور . وأحيانا يمكن استخدام أدلة ترسيبية sedimentological criteria للكشف عن هذا النوع من عدم التوافق مثل وجود طبقة من الكنجلوميرات الناتجة عن فترة من التعرية واعادة الترسيب لصخور مجاورة . ويمكن أيضا الكشف عن شبه التوافق بوجود طبقات قارية محدودة السمك تتخلل تتابعات بحرية سميكة ، أو بوجود أدلة على حدوث تعرية شاطئية (مثل وجود محاريات حفارة boring mussels ، لا سيما فى الشواطىء الصلبة الجيرية) وفى أحيان أخرى لا يمكن الكشف عن شبه التوافق إلا بدلالة السجل الحفرى الناقص ؛ وذلك يمكن أن يؤخذ كدليل على وجود فترة زمنية من عدم الترسيب . ويختلف مدى الانتشار الأفقى لأسطح عدم التوافق ، فيكون أحياناً محدوداً (محلياً local) وأحيانا أخرى شاسع الانتشار (إقليميا regional) وهذا على مدى انتشار الحركات الأرضية التى أدت إلى تكوين عدم التوافق .

التراكيب البنائية الثانوية (Secondray structures)

(آ) تعريف عام وميكانيكية تكوين التراكيب الثانوية

التراكيب الثانوية هى التراكيب المكونة نتيجة لتأثير قوى forces فى الصخور . وتعنى التعريف الفيزيقى للقوة أنها الطاقة الموجهة (ويمكن تثيلها بمتجه " vector ") التى تؤدى إلى أحدث تغير فى اتجاه أو مقدار حركة الأجسام أو تغير فى شكلها . والوحدة المستعملة فى قياس القوة هى الداين dyne . وهى القوة التى تعطى عجلة مقدارها سنتيمتر واحد فى الثانية لجسم يزن جراما واحدا .

وهناك نوعان من القوى التى تؤثر فى الأجسام :

(١) قوى غير متكافئة unbalanced forces ، وهى التى تحدث حركة فى الأجسام .

(٢) قوى متكافئة balanced forces ، وهى التى تكون موزعة على الجسم بحيث لا تحركه . وهذا النوع من القوى هو الذى يسبب تشوه الأجسام وهو السبب ف تكوين معظم التراكيب الثانوية للقشرة الأرضية .

ويمكن تميز عدة أنواع من الحالات التى تنوزع فيها القوى القوى المتكافئة فى الأجسام

(١) تؤثر القوى فى بعض الحالات فى اتجاهين متضادين كما هو ممثل فى الشكل ويقال إن الجسم فى حالة شد tension ، وهناك مجموعة واسعة الانتشار من التراكيب الجيولوجية الثانوية الناتجة عن الشد ، وهى الصدوع العادية

(٢) تؤثر القوى فى بعض حالات أخرى فى اتجاهين متقابلين (انظر الشكل) ويقال حينئذ إن الجسم فى حالة ضغط compression . وهناك مجموعة كبيرة أخرى من التراكيب الجيولوجية الثانوية الناتجة عن ضغط ، وهى الطيات والصدوع المقلوبة.

(٣) يمكن أن تتوزع القوى المؤثرة فى جسم ما فى عدة اتجاهات كما هو مبين فى الشكل ويسمى هذا النوع من توزيع القوى بالازدواج couple والتشوه الناتج عن تأثير الازدواج على الاجسام يسمى لياً torsion ، وينتج هذا التشوه على وجه الخصوص اذا كانت المجموعتين من القوى المتكافئة تؤثران فى مستويين مختلفين . كما هو مبين فى الشكل وهذا النوع من التشوه لا يؤدى إلى تكوين تراكيب جيولوجية ثانوية مهمة فى القشرة الأرضية .

والحالة التى يكون فيها الجسم العرض لقوى متكافئة تسمى الاجهاد stress . أما التشوه الناتج عن الاجهاد فهو الانفعال strain . وعندما تتعرض الأجسام الصلبة للاجهاد نتيجة لتزايد مقدار شدة القوى التى تؤثر عليها ، تمر بثلاث مراحل من الانفعال :

(١) فالتشوه (الانفعالى) يكون أولا تشوهاً مرناً elastic deformation وذلك يعنى أنه فى إمكان الجسم الرجوع إلى حالته الطبيعية بعد اذالة القوى المؤثرة عليه وهذا النوع من التشوه نادر وقليل القيمة فى دراسة التراكيب الثانوية للصخور

(٢) وبعد ذلك يتشوه الجسم تشوهاً لدناً plastic deformation وذلك يعنى أن الجسم يلتوى ويشكل مثل قطعة العجين ، ولكنه لا يرجع إلى حالته الأولى بعد اذالة القوى المؤثرة عليه .

وينتج من هذا لنوع من التشوه مجموعة كبيرة من التراكيب الجيولوجبة الثانوية وهى الطيات .

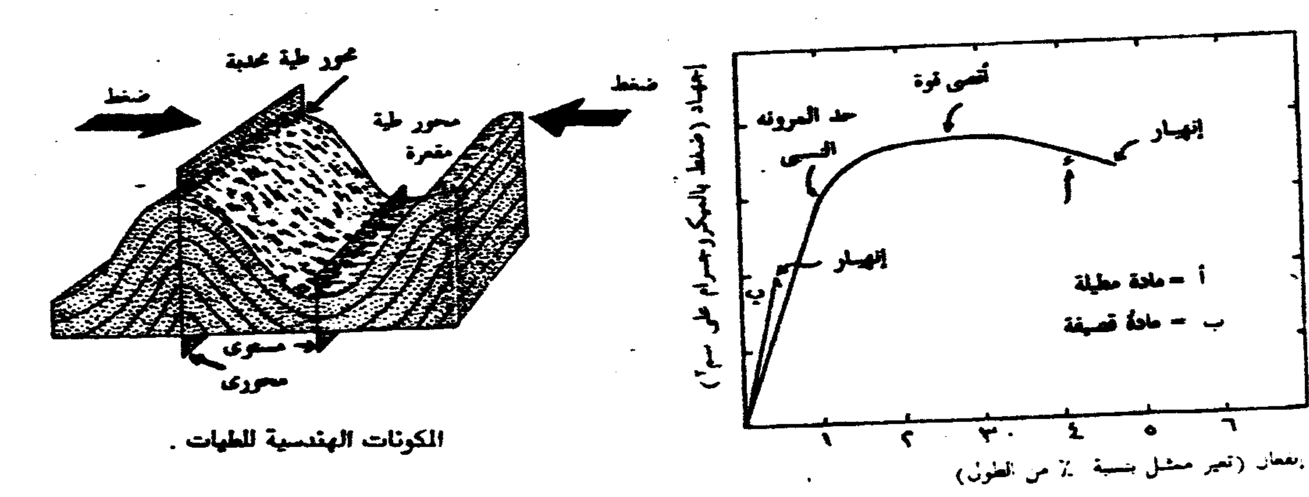
(٣) وأخيراً يتمثل التشوه فى الاجسام المعرضة لقوى كبيرة بالكسر أو الانهيارrupture . وهناك مجموعة كبيرة من التراكيب الجيولوجية الناتجة عن هذا النوع من التشوه ، وهى الصدوع والفوالق

ازدواج	ضغط	شد

أنواع القوى التى تؤثر فى الأجسام

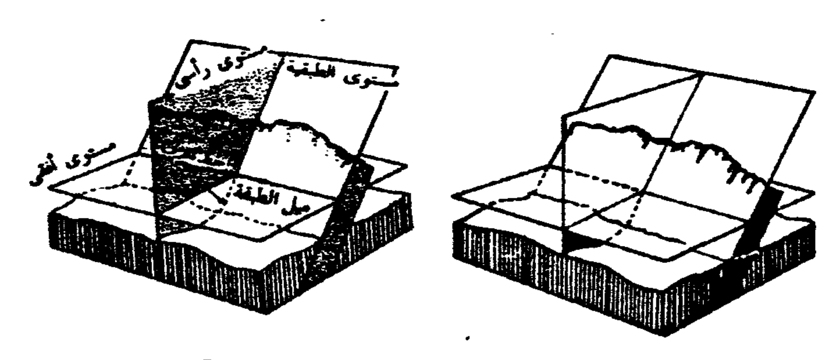


لى لوح بسبب الأزدواج



الكونات الهندسية للطيات .

العلاقة بين الأجهاد والأنفعال فى مادة لينه وأخرى هشة .



تعريف ميل ومضرب الطبقة المائلة .

يوجد نوعان من المواد الصلبة ، مواد صلبه مطيلة ductile substances وهـى تحتـاج إلى قوى كبيرة للوصول إلى مرحلة التشوه بالكسر ومواد قصيفة brittle substances تنكسر بسهولة ، والشكل بين العلاقة بين الأجهاد والأنفعال فى مادة مطلية ومادة قصيفة . وفـى العـادة تميـل الصخور المدفونه فى أعماق كبيرة فى القشـرة الأرضيـة إلى الصيليـة Ductile ، وذلـك أن الضغـط الحاصر confining pressure فى هذه الأعماق كبير جدا أما الصخور الصلبة الموجودة قرب السطح فهى قصيفة فى العادة

وسنتناول فيما يلى مناقشة التراكيب الثانوية الناتجة عن التشوه اللدن (الطيـات) ، والـتراكيب الناتجة عن التشوه بالكسر (الصدوع)

(ب) الطيات Folds

الطيات انثناءات فى الصخور المكونه للقشرة الأرضية . وهى منتشرة فى الصخور المتطبقة ، ولا سيما الصخور الرسوبية أو الصخور المتحولة الناتجة عن تحول صخـور رسـوبية . تتكـون الطيـات بسبب حركات أرضية ممثلة بضغط جانبى عمودى على أتجاه استطالة الطية (انظر الشـكل) أيضا يبين الشكل الخصائص الهندسية المهمه للطية والمستعملة لوصفها .

. وبما أن هناك حاجة إلى فهم بعض العلاقات الهندسية للطبقات المائلة لدراسة أجنحـة الطيـات (لأنه يمكن اعتبار كل جناح فى طيه واحدة طبقة مائلة) . فإن الشـكل يوضـح أيضـا بعـض صفات الطبقات المائلة (مثل خط المضرب والميل الحقيقى والظاهرى للطبقة) .

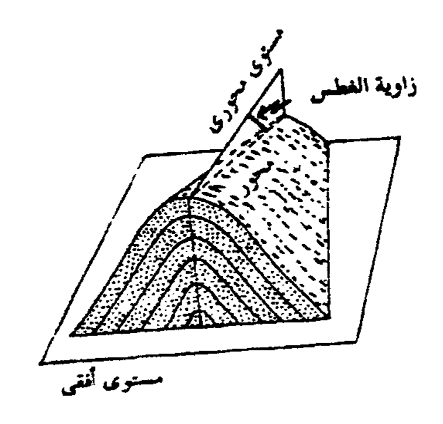
وهناك نوعين من الطيات : الطيات المقعرة أو القعائر synclince وهى التى تتكـون القعـيرة منها من جناحين تميل طبقاتهما فى أتجاه واحد كما هو مبين فى الشكل والطيـات المحدبـة أو الحنائر anticlines التى تكون الحنيرة منهـا مـن جنـاحين تميـل طبقاتهمـا فـى أتجـاهين متعاكسين (انظر الشكل)

وإذا كان محور الطيه أفقيا تكون الطية غير غاطسة non - pluning ، وإذا كـان هـذا المحـور مائلا" تكون الطيه غاطسه plunging fold انظر الشكل وهناك أيضا" طيات غير متماثلـة symetrical folds (ميل الطبقات فـى جنـا حـى الطيـة لـه قيمـة واحـدة) ، وطيـات غـير متماثلة assymetrical folds إذا كانت الطبقات فى الطية تميل بمقدارين مختلفين من الميل .

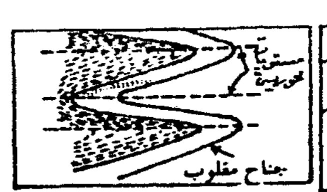
وكل هذه الحالات مبينة فى الشكل



قبة ملح مكونة مصيدة نفط



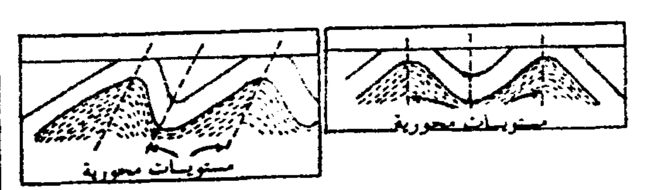
طية محدبة غاطسة



طيات مضطجعة



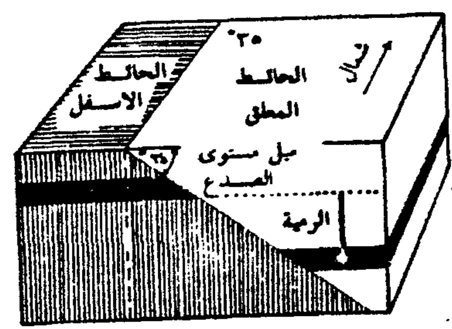
طيات مقلوبة



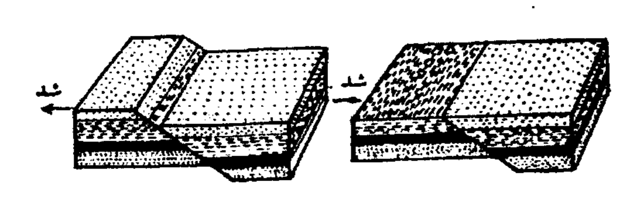
طيات غير متماثلة

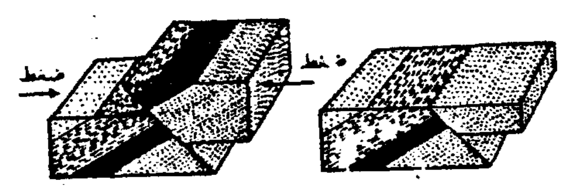
طيات متماثلة

مقاطع رأسية فى بعض أنواع شائعة من الطيات



المكونات الهندسية للصدوع وأنواعها





صدع عادى

صدع مقلوب

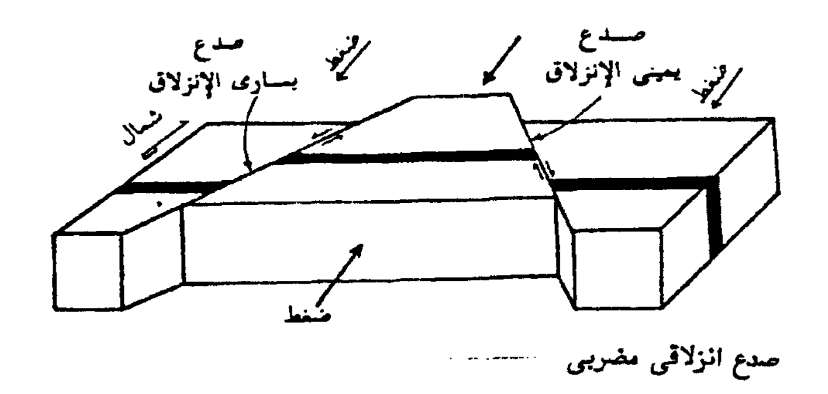
ويحدد وضع المستوى المحورى للطية أيضا "أنواعا" مختلفه من الطيات غير التماثلة يكون هذا المستوى مائلا". وإذا كان هذا المستوى مائلا"بحيث يكون ميل الطبقات فى كل من الجناحين للطية فى نفس الاتجاه تكون الطية تسمى عندئذا قبة dome ،والقباب والأحواض نادرة نسبيا" إذا قورنت بالطيات الأخرى . وهناك أنواع خاصه من القباب تنشأ بسبب صعود كتل هائلة من الملح دفينة فى أعماق الأرض إلى قرب السطح ، وتسمى هذه القباب قباب الملح salt dome انظر الشكل وهذه التراكيب منتشره فى الطبيعة لأن الملح يكون لدنا جدا" حينما يوجد تحت ضغط عال ، ويمكن حينئذ أن يتشكل مثل العجين وأن يخترق الصخور الأخرى . وتكون قباب الملح أحيانامصايد لتراكم النفط كما هو مبين فى الشكل ومن أهم الحقول المكتشفة فى مثل هذه التراكيب بعض حقول النفط فى وسط ايران والخليج العربي وجنوب الولايات المتحدة قرب خليج المكسيك وفى ألمانيا الغربية

وفى كثير من الأحيان لايوجد الطيات فى الطبيعة منفردة . بل تكون على هيئه سلاسل من الانثناءات المتصلة تمتد فى مناطق شاسعة مستطيلة الشكل يبلغ طولها آلاف الكيلومترات ، وعرضها بضع مئات من الكيلومترات. هذه هى مناطق السلاسل الجبلية ، ويشار إليها أحيانا" فى الجيولوجيا باسم الجيوسنكلينات أوالقعائر العظمى geosynclines ،لأنه ثبت أن هذه لمناطق كانت أغوارا" ترسيبية تمتلىء بكميات كبيرةمن الرسوبيات التى تعرضت لضغوط جانبية شديدة فى فترة معينة من تاريخها الجيولوجى حتى أصبحت سلسلة جبلية مكونة من عدد كبير من الطيات المختلفة التى تكون شديدة التعقيد قرب قلب هذه الجبال ، واكثر بساطه عند أطرافها

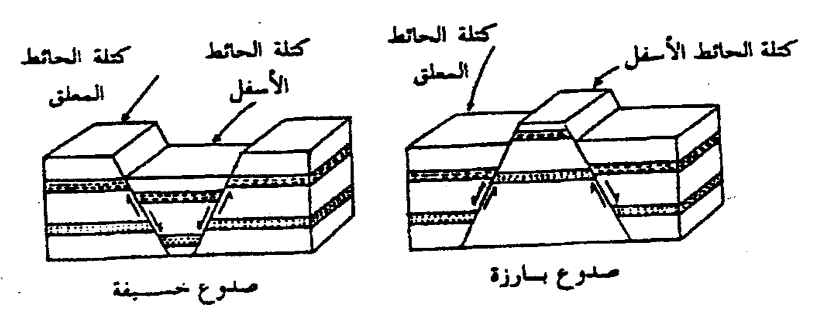
(جـ) الصدوع Faults:

لقد أشرنا إلى أنه إذا تعرضت المواد الصلبة القصيفةإلى ضغط أوشد جانبى فإنها تتكسر . والصدوع إنما هى كسور فى الصخور حدثت بسبب تعرضها لضغط أو شد . وتختلف هذه الصدوع عن الكسور أو الفواصل joints بأنه ينشأ عنها حركة فى الصخور تحدث على مستوى الكسر الذى يمثل الصدع ، أما الفواصل فهى كسور لم يحدث لها أية حركة ملحوظة. و الشكل يبين الصفات الهندسية الهامة التى تستخدم فى وصف الصدع .

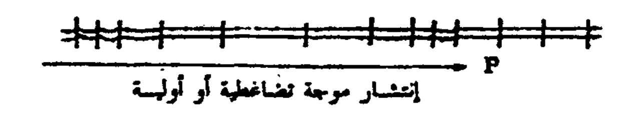
ويمكن تصنيف الصدوع إلى نوعين بحسب علاقة ميل سطح الصدع باتجاه رميته . فإذا كان الميل فى نفس اتجاه الرمية يكون الصدع صدعا" عاديا" normal fault كما فى الشكل وينشأ

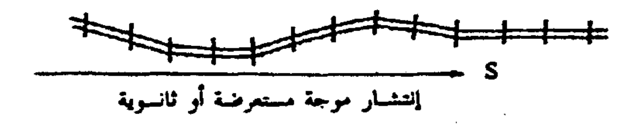


صدع انزلاقى مضربى

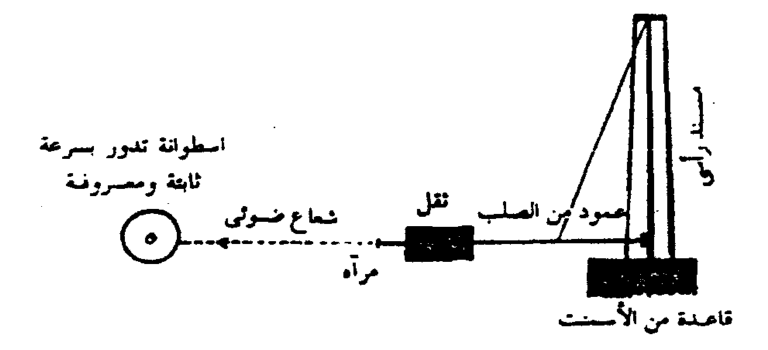


صدوع بارزة Horst وصدوع خسيفة Graben





تأثير موجات تضاغطية وموجات مستعرضة فى سور من السلك



تركيب أجزاء السيزموجراف

هذا النوع من الصدوع بسبب تاثير قوى شد جانبيه ، وإذا كان ميل مستوى الصدع فى عكس اتجاه رميته يكون الصدع صدعا" عكوسا" reverse fault كما فى الشكل وينشأ الصدوع المعكوسة بسبب تأثير قوى ضغط جانبى مثل الطيات ، ولذلك توجد فى كثير من الأحيان الصدوع المعكوسة ملازمة للطيات.

واذا كانت الحركة على مستوى الصدع فى مستوى افقى بحيث تتحرك الصخور على جانب من الصدع بعكس اتجاة حركة الصخور على الجانب الاخر ، سمى الصدع صدع انزلاق مضربى strike-slip faultوينشا هذا النوع من الصدوع بسبب تاثير ازدواج couple على الصخور القصيفة (انظر الشكل) ،وهناك مجموعة من صدوع الانزلاق المضربى الواسعة الانتشار فى قيعان المحيطات .واحيانا فى القارات وتسمى "صدوع التغير"transform fault

وفى كثير من الاحيان تقع مجموعة كبيرة من الصدوع فى منطقة معينة .واذا كان لهذة المنطقة عدد لا يذكر من الطيات ,فغالبا ما تكون الصدوع صدوعا عادية .واحيانا تكون الصدوع العديدة الواقعة فى منطقة واحدة تراكيب مميزة مثل الصدوع البارزة horst وهى تركيب بارز محدد على جانبية بصدوع متوازية انظر الشكل اما الصدوع الخسيفة graben فتكون تركيبا منخفضا (حوض)محددا على جانبية بصدوع متوازية ايضا انظر الشكل ومن اشهر الامثلة لتركيب الصدوع الخسيفة على القشرة الارضية خليج السويس والبحر الاحمر

الحركات الارضية السريعة (الزلازل والبراكين)

ان اغلب التراكيب التى اشرنا اليها فى الجزء السابق تنتج عن حركات ارضية بطيئة، ولكن هناك نوعا اخر من الحركات الارضية هو الحركات الارضية السريعة ،ومعظم هذة الحركات ممثلة فى الزلازل ،وهناك ايضا شواهد اخرى تدل على وجود نشاط فى باطن الارض وانبثاق طاقة قادمة من الاعماق ،وهذة الشواهد تمثلها البراكين والنشاط البركاني وسنتناول فيما يلي الزلازل والبراكين وطرائق دراستها والادلة التى يمكن ان نحصل عليها من تلك الظواهر لفهم الميكانيكية العامة التى تؤدى الى تشكيل القشرة الارضية

الزلازل Earthquakes

(أ) تعريف عام وسبب الزلازل

الزلازل هزات ارضية تحدث فى مناطق معينة من القشرة الارضية بسبب انتقال موجات زلزالية seismic waves فى الصخور ·ويظن العلماء ان السبب المباشر فى حدوث الزلازل هو انكسار الصخور انكسارا مفاجئا بسبب تعرضها للضغط او الشد او الازدواج الشديد الذى يوصلها الى حد من الاجهاد يتسبب فى انها تنفعل وتتشوة بالكسر

وبما ان معرفة خواص الموجات التى تصحب الزلازل مهمة جدا لدراسة هذة الظاهرة ،سنتناول – قبل مناقشة انواع وتوزيع الزلازل – دراسة الموجات الزلزالية وانتشارها خلال الاجسام الصلبة ، لان هذة الدراسة أساسية فى علم الزلازل

(ب)استخدام تسجيل الموجات الزلزالية لدراسة الزلازل

الموجات الزلزالية seismic waves التى تسبب الزلازل عن ثلاثة انواع هى

(١)موجات تضاغطية compressional waves وهى تعمل مثل الموجات الصوتية ،اذ تنتشر باحداث تشوة مرن فى المواد الصلبة ممثل بنبضات متتالية من الضغط والتخلخل فى اتجاة انتشار الموجة(انظر الشكل)·والموجات التضاغطية سريعة الانتشار ،ولذلك فهى اولى الموجات التى تصل الى اجهزة التسجيل ·وتسمى احيانا بالموجات الاولية primary waves ويرمز اليها بالانكليزية بالحرف p

(٢)موجات مستعرضة : transverse waves وهى تعمل مثل الموجات الكهرومغناطيسية electromagnetic waves اذ يكون الاهتزاز الذى تسببه هذه الموجات عموديا على اتجاه انتشارها،والموجات المستعرضة اقل سرعة من الموجات التضاغطية فهى لا تصل الى اجهزة التسجيل الا بعد الموجات التضاغطية ·ولذلك تسمى الموجات المستعرضة احيانا بالموجات الثانوية secondary waves· ويرمز اليها بالانكليزية بالحرف s

(٣)الموجات السطحية surfacc waves :وتنشا هذة الموجات بسبب انعكاسات الموجات الزلزالية فى داخل القشرة التى تكون فى العادة غير متجانسة .وهذة الموجات بطيئة نسبيا .وتصل الى اجهزة التسجيل بعد الموجات الاولية والثانوية ،وهى لا تستعمل فى الدراسات الاعتيادية للزلازل .

والجهاز المستعمل فى تسجيل الموجات الزلزالية اسمة السيزموجراف seismograph (انظر الشكل) وفى امكانة تسجيل شدة الموجات وزمن وصولها الى النقطة التى يقع فيها الجهاز

·والشكل التالى يبين منظر السجل الزلزالى ·وهو شريط من الـورق يبـين الزمـن بـالثوانى علـى المحور الافقى ؛ وشدة الذبذبة على المحور الراسى ·وتقاس شدة الزلازل بوحدات مقياس رخـتر وهو مقياس لوغارتمى، فأن زلزالا ذا شدة تقابل وحدتين من مقياس رختر يساوى فى الشدة عشـر أضاف زلزال لة شدة تقابل وحدة واحدة فقط .من مقياس رختر. أما الزلزال الذى لـه شـدة تقـابل ثلاث وحدات فهو أشد مائة مرة من زلزال له شدة تقابل وحده واحـده فقط. والجـدول يبـين عدد الزلازل المسجلة فى العام ، والمقابل للوحدات المختلفة من مقياس رختر . ويبين الجدول أيضا تأثير هذه الزلازل فى المشآت البشرية

جدول يقسم الزلازل التي تصيب القشرة الأرضية في عام واحد حسب شدتها

قوة الزلزال بحسب مقياس رختر	عدد الزلازل فى العام	تأثيرة على المناطق المسكونة
أقل من ٣,٤	٨٠٠٠٠٠	لا يشعر به الا السيزموجراف
٣,٥-٤,٢	٣٠٠٠٠	يشعر به بعض الناس
٤,٣-٤,٨	٤٨٠٠	يشعر به الكثير من الناس
٤,٩-٥,٤	١٤٠٠	يشعر به الجميع
٥و٥-٦,١	٥٠٠	بعض التلف فى المبانى
٦,٢-٦,٩	١٠٠	يحدث تلف كبير فى المبانى تلف فى المبانى
٧-٧,٣	١٥	. أنشقاق الجدران
		أعوجاج فى الجسور
٧,٤-٧,٩	٤	دمار عظيم ، انهيار فى المبانى
أكثر من ٨	زلزال كل ٥ أو عشر أعوام	دمار عام ومطلق

وهناك علاقة هامة يمكن أستخدامها لتحديد مسافة أنتقال الموجات الزلزالية من مركز نشـأتها إلى المحطة التى يقع فيها جهاز التسـجيل . ويعـرف مركـز نشآة الزلـزال بالنقطـة البؤريـة لـلزلازل earthquake focus ، وهو يختلف عن الأسقاط الرأسـى لهـذه النقطـة البؤريـة علـى سـطح الأرض والذى يسمى نقطة فوق المركز earthquake epicenter والعلاقـة المستعملة لتحديـد مسافة أنتقال الموجات الزلزالية هـى أن الفرق فـى الزمـن بـين وصـول الموجـات الأوليـة ووصـول

الموجات الثانوية يتناسب مع المسافة التى تقع بين محطة التسجيل والنقطة البؤرية للزلزال (انظر الشكل) ويمكن بواسطة الرسم البيانى المبين فى الشكل وباستخدام ثلاث محطات متباعدة نسبيا يمكن تحديد إسقاط المركز البؤرى للزلزال بالطريقة المبينه فى الشكل وهذه الطريقة تعطى نتائج جيدة فى حالة الزلازل ذات المركز البؤرى الواقع على أعماق صغيرة . ولكن تحديد النقطة البؤرية بالضبط ، والعمق الذى يقع عنده يتطلب أستخدام محطات أكثر تقاربا وحسابات أكثر تعقيدا . والشكل بوضع بعض التفاصيل عن الطريقة المستخدمة للقيام بهذه الحسابات .

وقد لاحظ العلماء من خلال حساباتهم العديدة للآعماق التى تقع عليها المراكز البؤرية للزلازل أن هناك ثلاث أنواع من الزلازل

(١) الزلازل الضحلة shalow earthquakes وهى تنشأ عند أعماق لا تزيد على ٦٠ كيلومترا

(٢) الزلازل المتوسطة العمق: وهى تنشأ عند أعماق تتراوح بين ٦٠و ٣٠٠ كيلوامتر

(٣) الزلازل العميقة :. تنشأ عند أعماق تتراوح بين ٣٠٠ ، ٨٠٠ كيلومتر

وتنشأ معظم الزلزل على أعماق صغيرة وهى أكثر الزلازل تدميرا .

(جـ) أنتشار المراكز البؤرية للزلازل فى القشرة الأرضية

الشكل يبين خريطة تعطى التوزيع الجغرافى لمراكز الزلزل الضحلة التى سجلت فى العام فى المدة ما بين ١٩٦١-١٩٦٧. وأما الشكل الذى يليه فيبين توزيع الزلازل العميقة المسجلة فى نفس المدة الزمنية.

ويلاحظ أن المناطق التى تتركز فيها الزلازل العميقة هى أيضا المناطق التى بها أغوار بحرية سحيقة العمق. أما باقى الزلازل فهى تقع على مناطق السلاسل الجبلية الحديثة (التى تنتمى إلى الحقب الثالث Tertiary era) او فى مناطق وجود شقوق كبيرة فى القشرة الأرضية ، مثل منطقة سلسة المرتفعات الممتدة فى منتصف قاع المحيط الأطلنطى (الحيد الوسط - أطللنطى Mid - Altantic ridge)

والشكل يبين مقطعا يوضح التوزيع الرأسى للمركز البؤرية للزلازل المسجلة أثناء عام ١٩٦٥ فى منطقة غورتونجا Tonga trench فى المحيط الهادى . وأوضح أن هذه المراكز مقتصرة على منطقة معينة ، وهذة المنطقة تمتد على مستو يميل فى الأتجاه الذى يوصل الغور

بالسلسة الجبلية . وتسمى هذه المناطق المائلة التى توجد على أمتداد المناطق الجبلية الموازية لـه ، أى ان هذا المستوى يميل نحو المنطقة القارية أو المنطقة الخاصة بالسلسة الجبليـة . وتسـمى هـذه المناطق المائلة التى توجد على أمتداد المناطق الجبلية بنطاق بنيوف Benioff Zone

وهذه الملاحظات الخاصة بتوزيع مراكز الزلازل فى قشرة الأرضية من الأركان الهامة لنظرية تكتونية الألواح .

البراكين Volcanoes

أنواع البراكين وتوزيعها

البراكين هـى تراكمات من اللابـة المتجمـدة علـى سطح الأرض تكـون تلالاً او جبـالا مميـزة الشكل.وهى فى العادة مخروطية الشكل وفى كل منها فتحة أو عدة فتحات تخـرج منهـا اللابـة. والبراكين الخامدة لا تخرج منها لابة قط أما البراكين النشيطة وهـى منتشرة فـى أنحـاء العـالم فينبثق منها من حين الى آخر كميات متفاوتة من اللابة.

وأهمية دراسة البراكين فى الجيولوجيا آتية من أن هذه التراكيب هى الأماكن الوحيدة التى تكـون فيها اللابة المنبثقة من باطن الأرض قريبة من حالتها الصلية وهذه الابة هى البيئة التـى تتبلـور فيها المعادن المكونة للصخـور النارية ولكثير من الصخـور الرسوبية الترابية والشكـل يبـين الأجزاء التركيبية للبراكين وتسميتها وفى العادة تكون البراكين تلالا أو جبالا عالية تبلغ ارتفاع عاليا مثل بركان كوتوباكسى الذى يقع فى جبال الأنديز فى امريكيا الجنوبية والذى يرتفع .. متر فوق سطح البحر. وهناك براكين ممثلة فقط بشقوق أو فتحات لاترتفع كثيرا عن سطح الأرض.

وهناك نوعان أساسيان من البراكين :

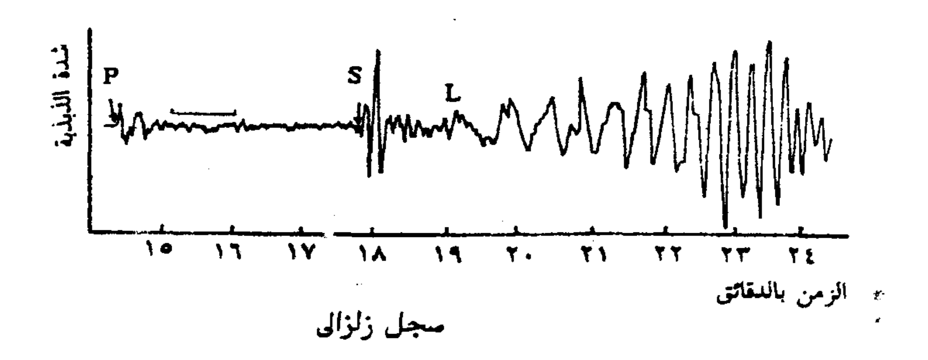
(١) البراكين الدرعية shield volcanoes وهى تتكون نتيجة لتراكم طفوح بركانية مـن اللابـة البازلتية خلال فترات طويلة من الزمن . والمعروف أن اللابه البازلتية قليلة اللزوجة ، فهى تفقد الغازات والسوائل الموجودة فى داخلها بسهولة ، ويمكنناالأنتشار علـى مسافات كبـيرة . ولذلـك تكون البراكين الدرعية قبابا واسعة الأنتشار لها ميل لطيف لا يزيـد علـى بضـع درجـات (أنظر الشكل) . وتقع معظم هذه البراكين فى الأحواض المحيطية على الشقوق والسلاسـل الجليليـة المغمورة فى قاع المحيطات (الحيود الوسط محيطة (mid - oceanic ridges) .

ومعظم جزر بولينيزا Polynesia فى المحيط الهادى إنماهى قمم لبراكين درعية ترتفع فوق سطح الأرض فجزيرة هاواى Hawaii مثلا تتكون من عدة براكين درعية متلاحقة تمت بسبب تراكم كميات كبيرة من الابة خلال مدة زمنية لا تزيد على مليون عام .

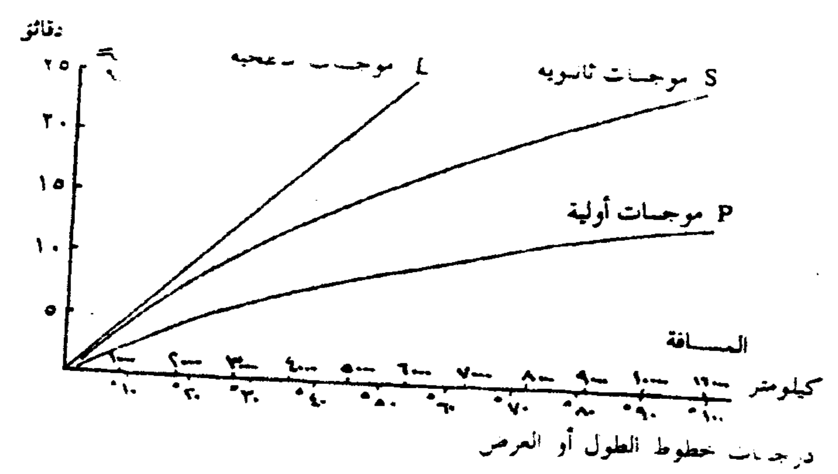
والجدير بالذكر أن البازلتية تنبثق أحيانا من شقوق وفوالق طويلة دون أن تكون براكين بالمعنى الدقيق لهذا اللفظ فى هذه الحالات مسافات كبيرة على هيئة غطاء بازلتى شبة أفقى دون تكوين ارتفاعات جليلة وبراكين . ومثال ذلك الطفح البازلتى الذى غمر منطقة لاكى Laki فى أيسلاندا Iceland فى عام ١٧٨٣ والذى أنبثق من شق فى الأرض طولة ٣٢ كيلومترا وغمر منطقة مساحتها ٥٥٨ كم ٢ .

(٢) البراكين المركبة (Composite Volcanoes or strato\olcanoes)

واللابة التى تتكون منها هذه البراكين تتركب من مادة الأندزيت andesite أو الريوليت rhyolite ، وهى أكثر لزوجة من اللابة البازلتية ، ولذلك لا تنتشر مسافات شائعة ، بل تكون جبالا مخروطة الشكل ذات ميل كبير (أنظر الشكل) وتسمى هذه البراكين براكين مركبة لان المواد الناتجة عن أنفجارها – على عكس المواد الناتجة عن انفجارات البراكين الدرعية – عديدة ومختلفة. فالى جانب اللابة شبه السائلة تقذف هذه البراكين كميات من المقذوفات البراكانية volcanic bombs (أنظر الشكل) وكميات كبيرة من الغازات (التى تشتمل على بخار الماء والأمونيا وثانى أكسيد الكربون وكبريتيد اللأيدروجين) .وتتدفق هذه الغازات بشدة لان اللابة المكونه من الأندزيت لا تطلق السوائل الحبيسة فى فجوتها الداخلية بسهولة مثل اللابة البازلتية ، ولكن تنفجر هذه اللابة المكونه من الأندزيت والتى هى فى حالة شبه صلبة فتنطلق الغازات بسبب الأنفجارات مصحوبة بكميات كبيرة من الرماد البركانى Volcanic ashec الذى هو حبيبات دقيقة من المعادن النارية الناتجة عن تفتيت اللابة أثناء الأنفجارات والشكل يوضح خريطة تبين مدى أنتشار الرماد البركانى الناتج عن أحدى الأنفجارات لبركان فوجى Fugi فى اليابان . ومن هذا الشكل يتضح أنه يمكن أن ينتشر هذا الرماد البركانى بكميات إلى مسافات شائعة .

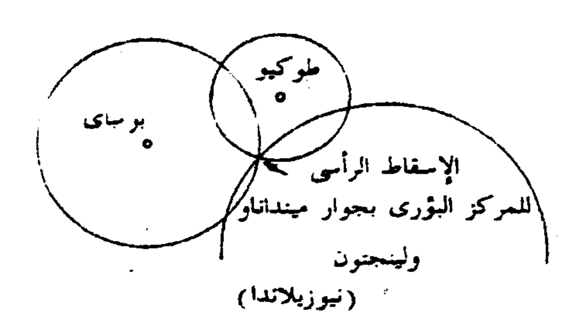


سجل زلزالى

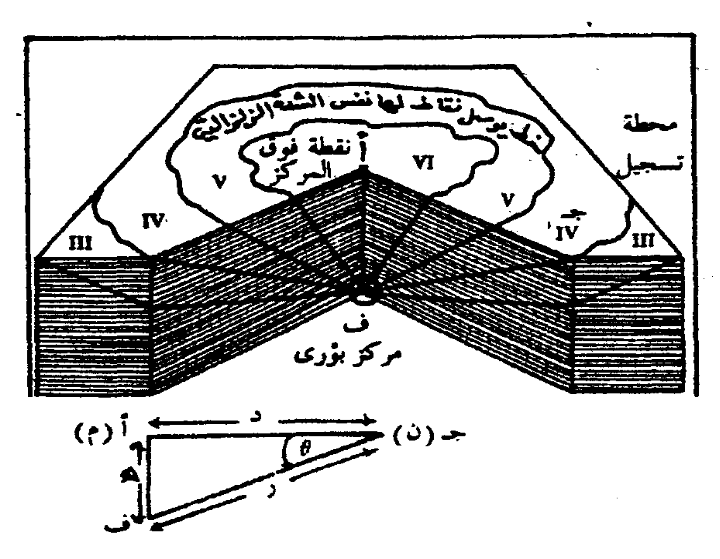


رسم بيانى يوضح تناسب فرق زمن وصول

الموجات الزلزالية ببعد محطة التسجيل عن مركز الزلزال



تحديد الأسقاط الرأسى أو نقطة فوق المركز البؤرى لزلازل على سطح الأرض



أ = الاسقاط الرأسي للمركز البؤري لزلزال على سطح الأرض (نقطة فوق المركز).
جـ = موقع محطة التسجيل.
ف = المركز البؤري للزلزال.

ويمكن تحديد المركز البؤري للزلزال من خلال معرفة قيم شدة الزلزال في كل من «أ»، «جـ» حيث:

م = شدة الزلزال في «أ» (قيمة معروفة، تحدد برسم خريطة كنتورية للاختلافات في شدة الزلزال على منطقة معينة باستخدام بيانات من محطات مختلفة موزعة على المنطقة).
ن = شدة الزلزال في «جـ» (قيمة معروفة، يقيسها السيزموغراف).
د = مسافة بين «أ»، «جـ» (قيمة معروفة، حيث يمكن تحديد «أ» بالطريقة المبينة في الشكل
ر = مسافة بين «جـ»، «ف» (قيمة غير معروفة).
هـ = مسافة بين «ف»، «أ» (قيمة غير معروفة).

ويعطي القانون الآتي طريقة سهلة لتحديد «هـ» (عمق المركز البؤري للزلزال):

طريقة تحديد مكان وعمق النقطة البؤرية لزلزال بمعرفة مكان المسقط الرأسى لهذه النقطة (أى نقطة فوق المركز) على سطح الأرض طريقة أولدهام (Oldham)

وتقع البراكين المركبة النشيطه حتى الآن فى المناطق القارية وفى مناطق السلاسل الجبلية الجيوسنكلينية للحقب الثالث التى توجد على حافة القارات بجوار أغوار محيطة عميقة مثل الغور الموجود أمام الجزر اليابانية (انظر الشكل)

وهناك تراكيب وظواهر أخرى متعلقة بالنشاط البركانى للمناطق المختلفة .ومن أهم هذه التراكيب الكالديرا caldera ، وهى منخفضات على هيئة أحواض مستديرة تشبة فى شكلها فوهة البركان . وأحيانا تكون الكالديرا مليئة بالماء (مثل كريترليك crater lake فى الولايات المتحدة) وأحيانا أخرى تكون مساحة كبيرة مثل يلوستون بارك Yellowstone park الشهيرة فى الولايات المتحدة أيضا

والشكل يبين كيف تتكون الكالديرا . وفى كثير من الأحيان يستمر النشاط البركانى بعد تكوين هذا التركيب بسبب أنهيار سقف حجرة الصهارة magmatic chamber التى توجد فى العادة تحت البراكين . ويتمثل هذا الأستمرار للنشاط البركانى بتكوين بركان أو براكين صغيرة داخل الكالديرا (مثل البركان المسمى جزيرة ويزارد wizard island فى كريترليك) أو بأنبثاق نافورات من الماء الساخن (مراجل) تدل على وجود صخور ساخنة ولكن ليست منصهرة فى حجرة الصهارة

وماء هذه المراجل يكون ماء أمطار أو ماء متخللا water infiltration يتصل بالصخور الساخنة فيتبخر بحرارة الصخور ويصعد الى أعلى من خلال شقوق ومن أهم أمثلة المراجل الأولد فا ثفول Old Faithful فى حديقة يلوستون بالولايات المتحدة .

(ب) أهمية البراكين فى معرفة طبيعة الصهارة (الماجما) وفى شرح نظرية تكتونية الألواح يزودنا تحليل اللابة المنبثقة من البراكين بمعلومات هامة عن تركيب الصهارة التى تتكون منها الصخور النارية . وتبين دراسة اللابة أن هناك نوعين من الصهارة .

(١) صهارة بازلتية تنبثق فى العادة من البراكين الدرعية الموجودة فوق المناطق المحيطية وذلك يشير الى أن الصهارة فى هذه المناطق بازلتية

(٢) صهارة حمضية (رايولايت) تنبثق من البراكين المركبة الموجودة فى المناطق القارية ، وصهارة اندزيتية تنبثق من المناطق الواقعة على حافات القارات عند تلاقيها بالمساحات المحيطية .

وكلتاهما توجد فى مناطق السلاسل الجبلية الجيوسنكلينية والأغوار البحرية العميقة وذلك يشير إلى أن تكون القشرة القارية حمضى (جرانيتى)

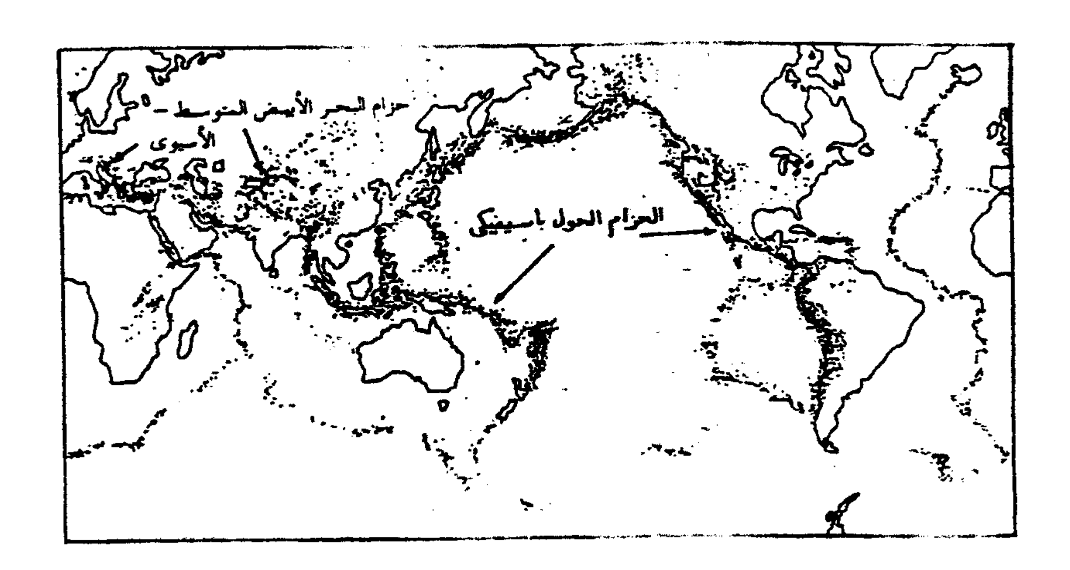
ودراسة سرعة أنتشار الموجات الزلزالية فى كل من المناطق المحيطية والقارية تعضد الأستنتاجات السالفة الذكر . إذا أن سرعة أنتشار الموجات الزلزالية العميقة فى المناطق القارية تساوى سرعة أنتشارها فى الجرانيت كما يمكن تحديدها فى المعمل . وسرعة أنتشار هذه الموجات فى أعماق القشرة المحيطية تساوى ما نعرفة عن سرعة أنتشارها فى المواد البازلتية .

أما بشأن نظرية تكتونية الألواح فالأنتشار الجغرافى للبراكين المختلفة يبين أن المناطق التى تتعرض لقوى شد وأزدواج أحيانا والتى تسود فيها الصدوع العادية أو صدوع انزلاق المضربى تكون مناطق تكون البراكين الدرعية واللابة البازلتية . وتقع هذه المناطق المعرضة للشد فى قلوب المحيطات (أنظر الشكل) . وفى بعض الأحيان تقع بين كتلتين قاريتين (مثل البحر الأحمر) أما المناطق المعرضة للضغط والتى تسود فيها الطيات العديدة والصدوع المقلوبة ، فهى مناطق أنتشار البراكين المركبة .

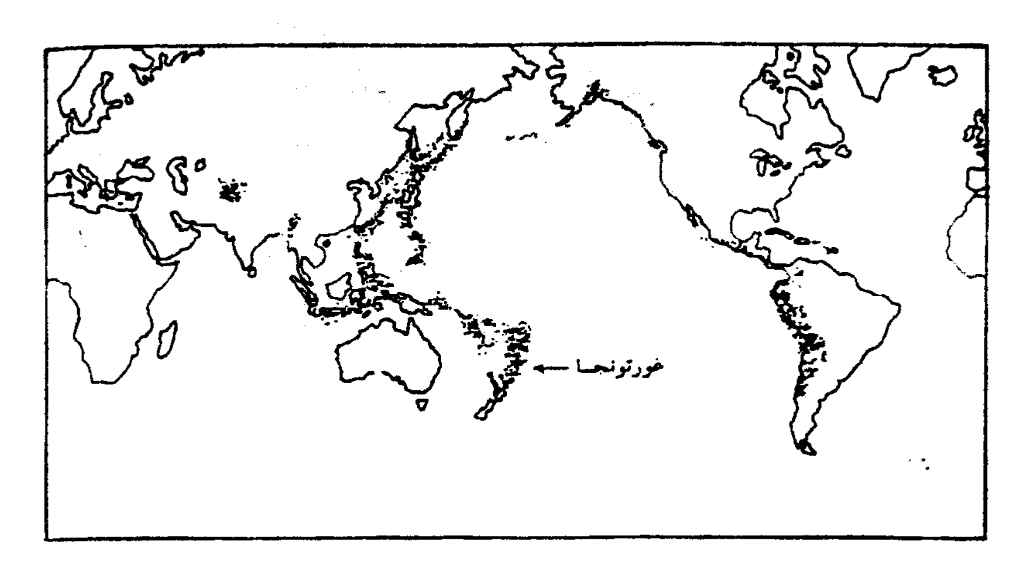
وبالاضافة إلى ذلك يلاحظ أن مناطق أنتشار البراكين هى نفس مناطق توزيع المراكز البؤرية للزلازل . ويستدل العلماء من ذلك على أن هذه المناطق تمثل حدود التحام ألواح كبيرة large plates مكونه القشرة الأرضية (انظر الشكل) . وبعض هذه الألواح قارى والأخر محيطى .. والآن يكفينا أن نلاحظ أنه من الممكن تمييز نوعين من الحدود بين الألواح :

(١) حدود تكون فيها الحركات الأرضية ناتجة عن تأثير قوى شد وازدواج فتتكون على هذه الحدود شقوق تنبثق منها كميات كبيرة من اللابة البازلتية : وهى مناطق انتشار البراكين الدرعية ومراكز الزلازل الضحلة .

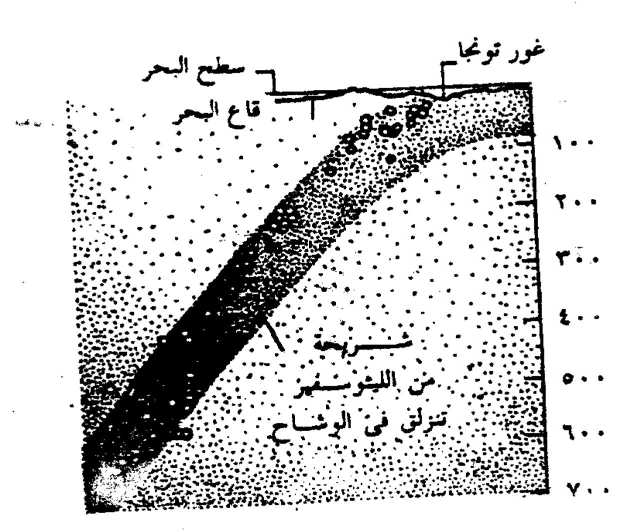
(٢) حدود تكون فيها الحركات الأرضية ناتجة عن تأثير قوى ضغط . فتتكون على هذه الحدود أغوار محيطية عميقة أو سلاسل جبلية جيوسنكلينية . وينبثق من الشقوق (وهى صدوع مقلوبة) الموجود فى هذه المناطق طفوح من اللابة الأندزيتية andesitic lava وتتكون فى هذه المناطق البراكين المركبة . وتقع أيضا فى كثير من هذه المناطق مراكز الزلازل العميقة .



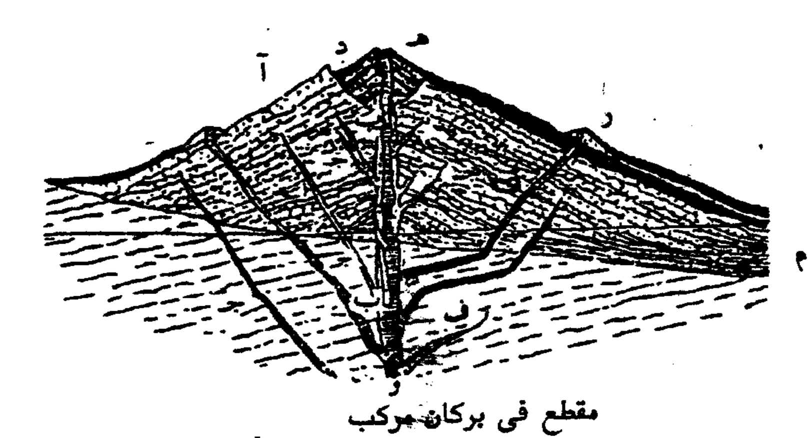
خريطة تبين توزيع الزلازل الضحلة



توزيع الزلازل العميقة



توزيع رأسى للمراكز البؤرية للزلازل العميقة فى غورتونجا بالمحيط الهادى



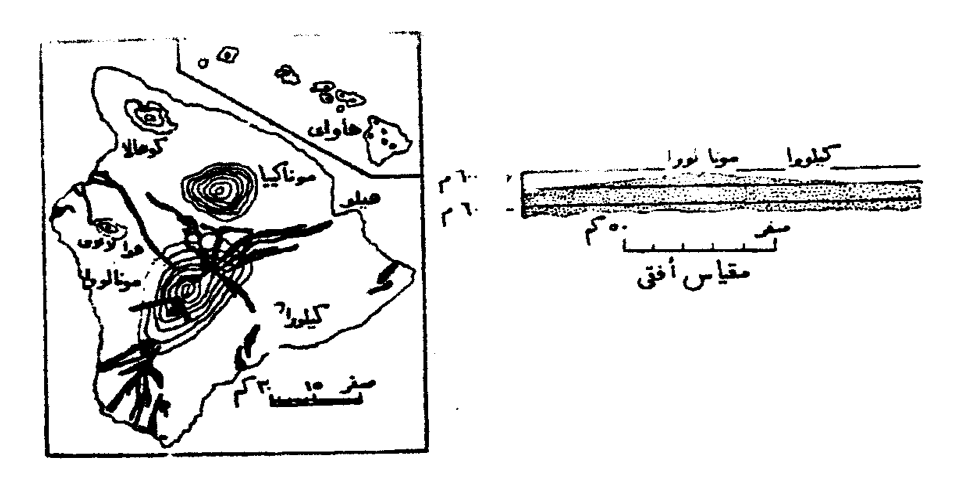
مقطع فى بركان مركب

أ- المخروط الأساسى وهو المكون من لابة ورماد بركانى انبثق من "ب" وأنتشرت أحيانا على هيئة قواطع "جـ"

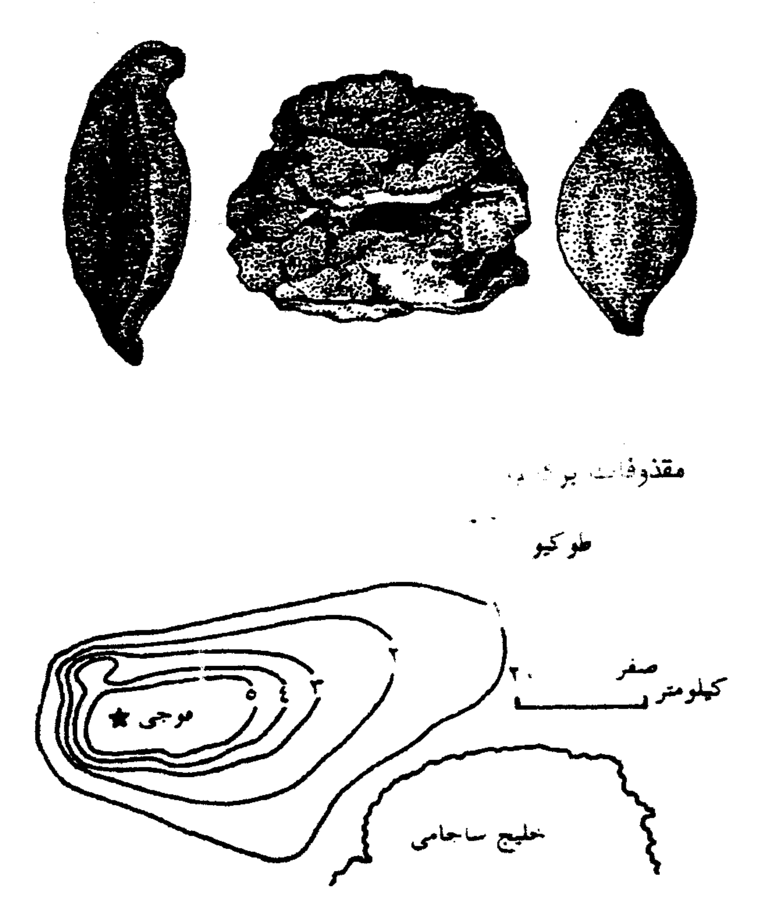
د- فوهة أنفجار يتبع تكوينها بناء مخروط أنبثاقى "هـ" تغذية القصبة "و أو بعض القواطع الثانوية التى تغذى مخارط جانبية "ر"

ف- قواطع ثانوية .

م- رسوبيات بحرية متداخلة بلابة .

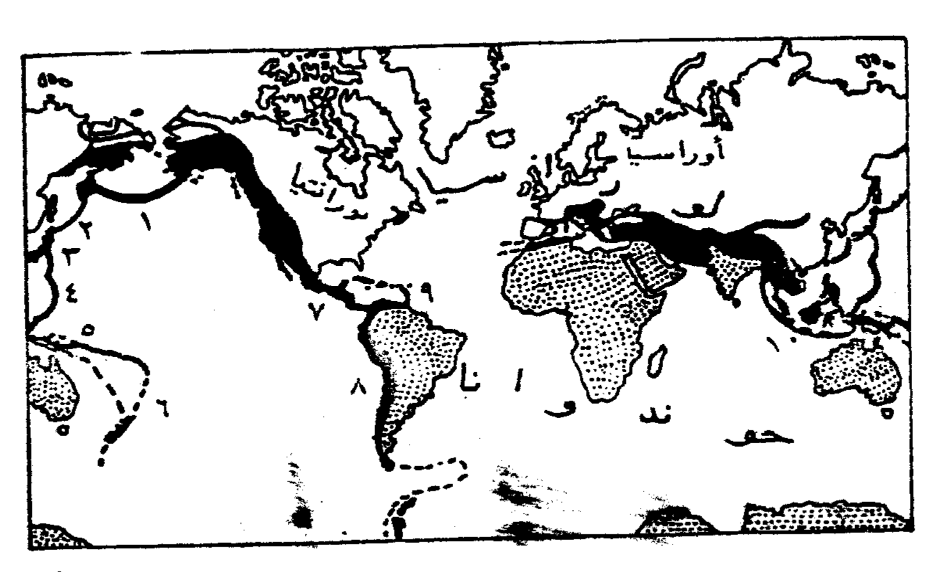


برکان مونا لووا فی جزيرة هاواى ، مثال لبركان درعی



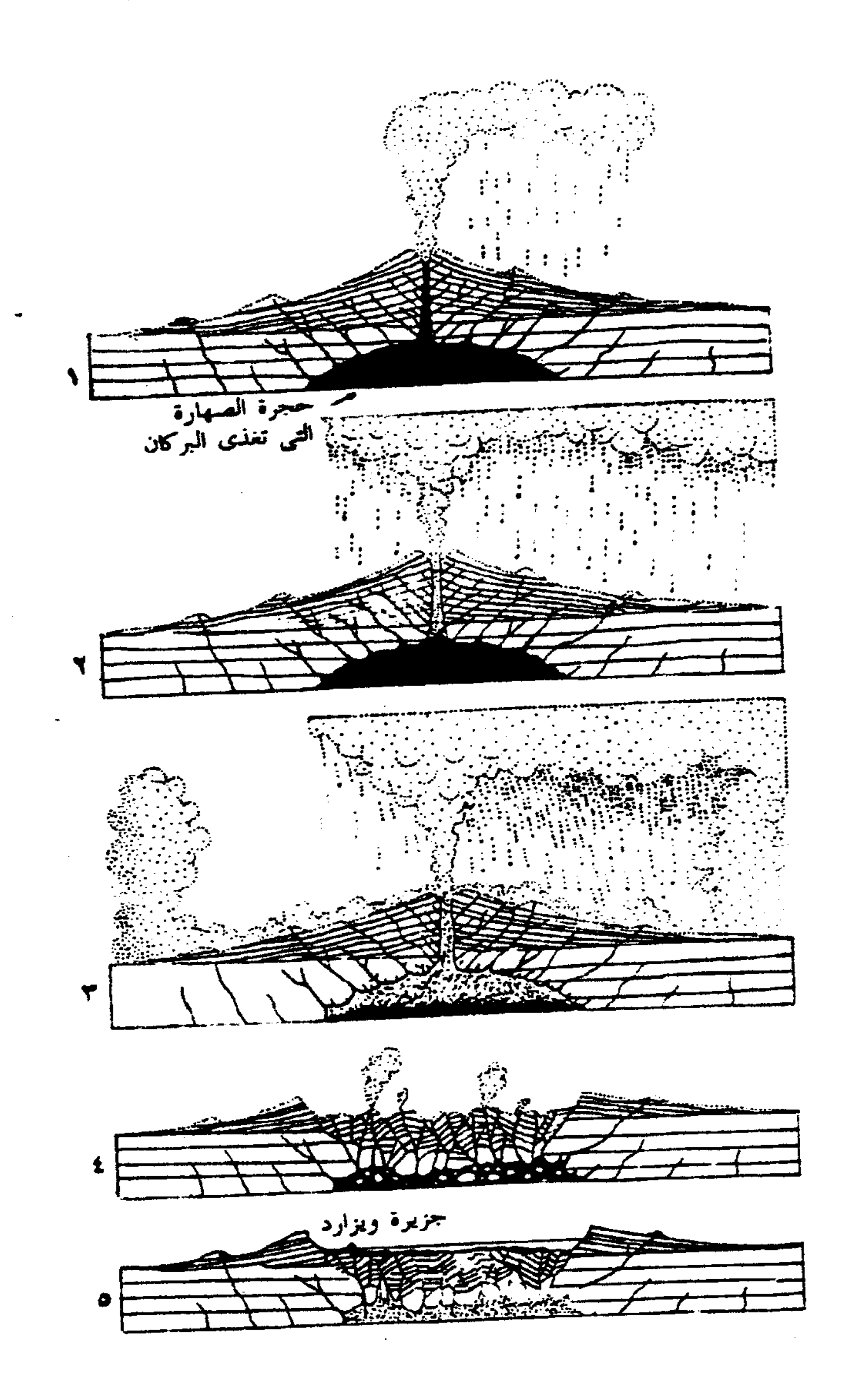
مقذوفات بر[illegible]

خريطة لانتشار الرماد البركانى المنبثق من أنفجار واحد لبركان فوجى فى اليابان



١-الغور الألوتى ٢-غور الكوريل ٣-غور اليابان ٤-غور الماريانا
٥-غور الهبريديز الجديدة ٦-غور تونجا ٧-غور أمريكا الوسطى ٨-غور بيرو وشيلي
٩-غور بورتوريكو ١٠-غور جاوا

خريطة لتوزيع الأغوار المحيطية والسلاسل الجيوسنكلينية للحقب الثلاثى فى العالم .



مراحل تكوين الكالديرا .

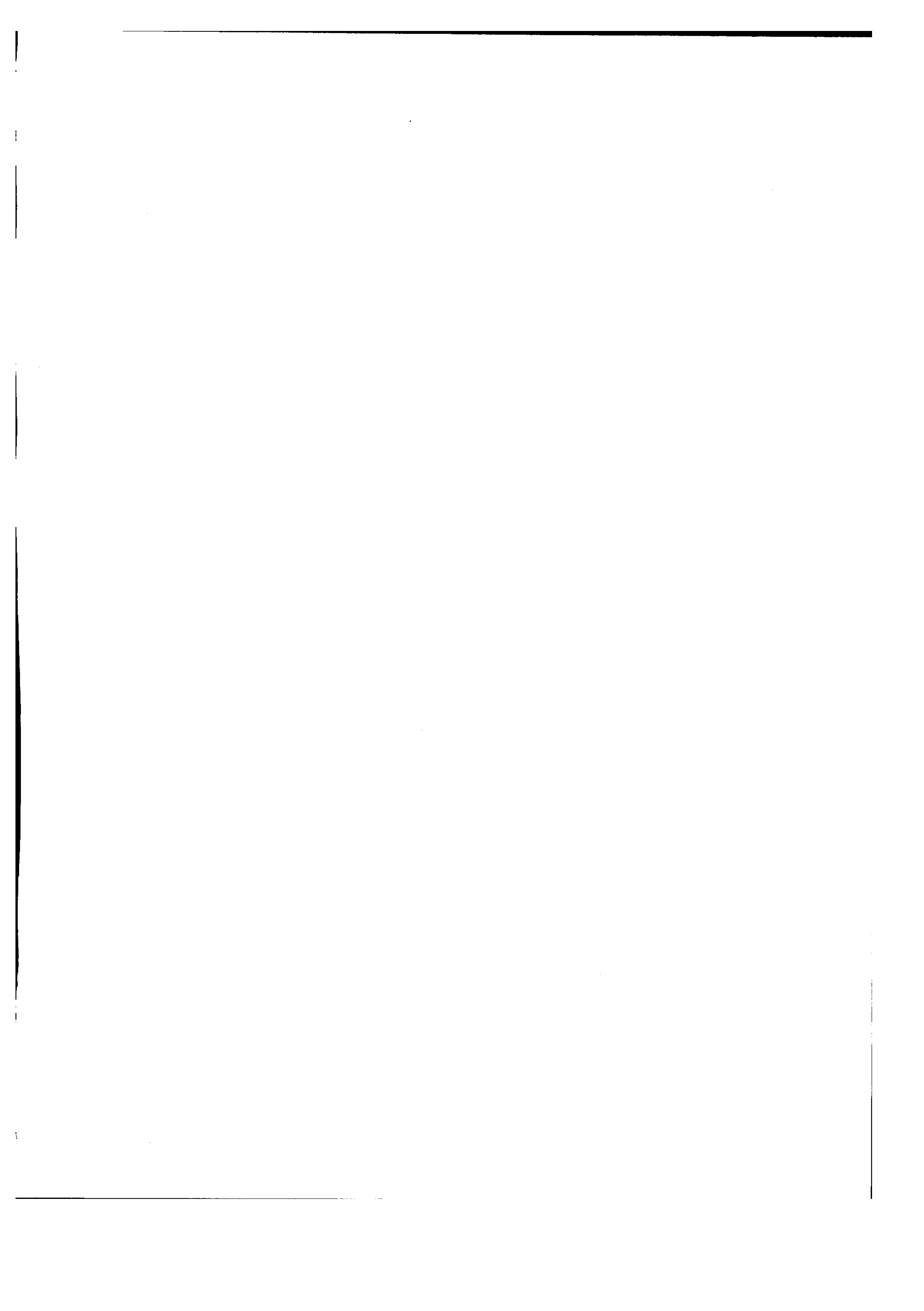
الحرارة المنبثقة من باطن الأرض

Heat Flom From The Interior of The earth

وتشير الدراسات الى أن مصادر الطاقة المسببة للعمليات الداخلية (الزلازل والبراكين وتكوين التراكيب الثانوية ،..... الخ) هو الحرارة الموجودة فى باطن الارض والناشئة عن التحلل الذرى لبعض العناصر المشعة مثل اليوناريوم والثوريوم والبوتاسيوم . ويقدر العلماء الحرارة المنبثقة من باطن الارض كل عام بمقدار ١٠ * ٨٠ جول . وتفوق هذه الطاقة بكثير الطاقةالمنبثقة من الزلازل والنشاط البركانى ،

وتسمح الوسائل العلمية الحديثة بالقياس الدقيق لكمية الحرارة التى تنبثق من باطن الأرض فى مناطق مختلفة قرب سطح القشرة الأرضية والمعروف أن الحرارة تتزايد فى بطن القشرة الأرضية مع العمق ويسمى هذا التزايد بالتدريج الحرارى الرأسى وهو يختلف فى المناطق القارية عنه فى المناطق المحيطية (أنظر الشكل)

الباب الثامن
الحفـريات



الباب الثامن

الحفـريات Fossils

أن دراسة الحفريات أو كما يسميها البعض الأحافير مفيدة لأمــراء وهـــي المعــين للعلماء بما تمدهم من وسائل لتقصي تاريخ الحياة منذ بداياتها الأولى لأكثر من ثلاثة بلايـــين ونصف البليون من السنين الماضية وحتى يومنا الذي نعيش.

تعريف الحفرية:

الحفرية هي بقايا أو أثار أو شواهد لكائن حي قديم نبات كان أو حيواناً، أحتفظ بهـــا في الصخور متحجرة في العادة.

- الفونة والفلورة -

الفونة وهي تعنى جماعة الحيوان في مكان ما أو في زمان ما.

أما الفلورة فهي جماعة النبات في مكان ما وفي زمن ما وهي طبقة أو مجموعة من الطبقات يتميز يتجمع خاص من النباتات الحفرية.

- التجمع الحفري Fossil Assemblage -

ويطلق اسم التجمع الحفري علي مجموعة من الحفريات المتنوعة في طبقات معينة تشتمل علي كميات مختلفة من الفونة والفلورة.

طرق حفظ الحفريات Preservation

أن هناك العديد من الطرق التي تحفظ بها الكائنات أو بقاياها لتكــون بعــد المــوت حفرية كما يلي:-

أولاً الحفظ دون تغير

عملية تكوين الحفرية التي تحفظ فيها مادتها الأصلية دون تغير ظاهر تعتبــر أكثــر وســائل الحفظ أنتشاراً في اللافقاريات البحرية والكائنات التي يمكن أن تكون حفرية المستقبل وهـــي الكائنات التي تمتلك أجزاء صلبة ويتم دفنها سريعاً بعد الموت وهذه الظروف عـــادة تتـــوفر

للكائنات اللافقارية التي تعيش وتموت في البحار والمحيطات. فالمحيطات تزخر بالحيوانـــات البحرية وهذا يقدم أفضل الفرص لتكوين الحفرية بشكل عام.

وهناك ثلاث طرق لحفظ الحيوانات والنباتات الأرضية.

أ. التصمغ Amberigation

عندما تجرح بعض الأشجار وخاصة بعض الصنوبريات فإن مادة صمغية ســميكة تنساب في بطء خارج تلك الجروح قبل تلك المادة تعمل كمصيدة لصيد الكثير من الحشــرات الزاحفة والطائرة وكذلك لما تحمله الرياح من بذور وحبوب لقاح فنجد أن الحشرات أو البذور تلتصق بالمادة الصمغية المنسابة من جروح اللحاء وتغوص فيها وتطمر تماماً بأنسياب المزيد من المادة الصمغية لتحيط بها وتحت ظروف خاصة يتم حفظ هذه المادة الصمغية بما حــوت من حفرية في بعض أنواع الرواسب ومن ثم تتحول إلي عنبر (Amber) وقد مكنت ظاهرة التصمغ الكثير من علماء الحفريات من دراسة عالم الحشرات فــي العصــور الغــابرة وأن يتتبعوا التاريخ التطوري للعديد منها.

ب. السقوط في النار (الإسفلت) Impregnation by tar or asphalt

وهي واحدة من الطرق لحفظ الكائن كاملاً وبدون تغير فحفــر القــار فــي ولايــة كاليفورنيا (عصر البلستوسين) قد امتدتنا بالكثير عن الحياة القديمة في منطقة شبه جافة بعــد أزمان سادت فيه العصور الجليدية وعظت الأجزاء الشمالية من القارة الامريكية.

ففي العصور الغارة تكونت حفر صغيرة أو مايشبه البحيرات مملوءة بالقار والتــي تغطت من بعد بالماء لسبب أو لأخر. حيث كان يعيش الكثير من الطيور والحيوانات القادمــة للشرب أو الأستحمام في هذه البحيرات والتي كانت مصيدة لها حيث غاصت في القار حيــث تشبعت عظامها ولحومها بالقار من هنا يمكن القول أن قطاعاً كبيراً من حيوانـــات المنطقــة حول حفر القار في كاليفورنيا قد حفظت لتحكي قصة ما أنقرض منذ ما يقرب مــن عشــرة آلاف سنة.

جـ - التجمد في الجليد Freezing in Ice

وهي طريقة من طرق تكون الحفرية الكاملة وقد أمدتنا هذه الطريقة بجلــد ولحــم وشعر الحفرية وبمحتوياتها الداخلية مثل حيوان الماموث (هو حيوان مــن أســلاف الفيلــة)

Mammoth والذي كان يعيش منذ مائة ألف سنة مضت في سهولة سيبيريا والاسكا المتجمدة.

وتلك الحفرية (الماموث) قد تكون سقطت في بحيرة شديدة البرودة ثم تجمد الماء من حولها أو قد تكونن قد سقطت في أخدود جليدي ثم غطتها الثلوج التي أحتفظت بها آلاف السنين حتى يوم اكتشافها.

ثانيا : طرق الحفظ مع التغير

هناك العديد من طرق حفظ الحفريات التي تتغير منها المادة الأصلية للكائنات الحية والتي من شانها زيادة فرصة تكون الحفريات وسوف نعرض منها الأنواع التالية:-

١. التمعدن Permineralization

ويحدث هذا عند حدوث عملية معدنه للأجزاء الصلبة في الكائن وهي عملية أحلال للمكونات العضوية بمواد معدنية وعادة يتم ذلك بملأ المسام والفراغات التي في صدفة أو عظمة كائن بمعادن من افضلها السليكا SiO_2 والتي تعمل علي حفظ البناء التركيبي للكائن ومن أمثلتها الخشب المتحجر.

٢. الإحلال Replacement

وهي عملية يتم فيها الإحلال لمادة الكائن الحي بمعادن ثانوية حتى تتكون الحفرية حيث بمرور المياه الجوفية المشبعة بالمعادن وتخللها للرواسب المحتوية علي الكائنات يحدث إحلال المعادن (المحمولة بالمياه الجوفية) محل المواد العضوية بالكائنات وتتكون الحفرية. ويكمن الفرق الأساس في الفصل بين طريقتي التمعدن والإحلال في أنه في الحالة الأولي يبقي الهيكل العام كما هو بينما في الطريقة الثانية (الإحلال) يبقي الهيكل العام وتفصيلاته كذلك.

٣. التفحم Carbonization

وينتج التفحم حين تدفن الكائنات النباتية أو الحيوانية في الرواسب عندها سيحدث تعفن وتحلل للأجزاء اللحمية الطرية أبان الدفن، تاركه فقط مجرد غشاء كربوني دقيق ينبأ عن سابق وجود لكائن حي وهذه الطريقة، غالباً تظهر في تكون الحفريات النباتية.

٤. الطوابع والقوالب Molds and Casts

هذه أكثر طرق تكون الشواهد الحفرية حيث تتحلل المادة الأصلية للكائن ويبقى شكله فقط ويحدث ذلك بالكيفية التالية:-

تدفن الحفرية مع رواسب الطبقة التي تحيط بها ويتحلل جسم الكائن المدفون داخل الرواسب وبالتالي يتكون داخل الرواسب تجويف أو فراغ له جسم الكائن المتحلل ويعرف هذا التجويف بالطابع Mold

أما إذا أمتلأ هذا التجويف بمادة رسوبية أو معدنية تكون ما يعرف بالقالب Cast ويمكن تكون القالب أيضاً نتيجة أمتلاء التجويف أو الفراغ الموجود داخل جسم الكائن قبل تحلله. وحدوث تصلد للرواسب التي تملأ تجويف الكائن فإنه عند تحلل الكائن يحتفظ القالب (الرواسب المتصلدة) بالشكل الداخلي للكائن.

٥. أثار الأقدام والجرات والجحور

يترك كثير من الحيوانات أثار أقدام أو جرات تبين حركتها علي الأرض الجافة أو فوق قاع البحر (مثل طابع القدم) وبعضها يدل علي نوع الحيوان الذي تركها كما يعطي معلومات مفيدة عن بيئة الحيوان. وقد تترك اللافقاريات جحوراً (مثل جحور السرطانات البحرية) ومثل هذه المعلومات تعطي فكرة عن طريقة حركة هذه الكائنات والبيئة التي عاشت فيها.

٦. الأخراجات المتحفرة

وهي روث متحجر أو فضلات الجسم وقد تعطي هذه الإخراجات المتحفرة معلومات مفيدة عن العادات الغذائية للحيوان الذي تركها أو علي تركيبة التشريحي.

أهمية الحفريات

تكون الحفريات وثائق هامة تعطي أدلة قوية علي الأمور التالية:-

١. الأحوال الجغرافية القديمة **Paleographic conditions**

يمكن للحفريات أن تدلنا علي الظروف السابقة أو الجغرافيا القديمة للأراضي والأنهار والبحيرات والأحوال البيئية القديمة Paleoecological Conditions ويمكننا الاستدلال بواسطة الحفريات علي الظروف البيئية القديمة التي كانت سائدة وقت ترسب ودفن الحفريات.

٢. تطور الحياة : **Evolution of life**

يمكن أن نلقي الكثير من الضوء علي تطور الكائنات الحية بدراسة الحفريات في تتابع طبقي من العصور القديمة إلي العصر الحديث

٣. معرفة التاريخ الجيولوجي **Geological chronology**

بينت الدراسات الطبقية أن الحفريات هي الأساس في معرفة التاريخ الجيولوجي لطبقات الصخور الرسوبية الموجودة في القشرة الأرضية – فكل طبقة تتميز بمجموعة من الحفريات للأنواع والأجناس Genera النباتية أو الحيوانية وبذلك أصبحت الحفريات هي الوسائل التي يمكن الأعتماد عليها لتقسيم الصخور الرسوبية إلي أقسام مختلفة .

مطابقة التكوينات **Correlation of Formations**

أمكن استعمال الحفريات في مقارنة التكوينات الجيولوجية والطبقات الموجودة في جهات متباعدة بعضها عن بعض وربطها من حيث الأزمنة الجيولوجية التي ترسبت فيها وذلك بعد أن تبين أن التكوينات المختلفة تتميز بأنواع معينة من الحفريات .

ولكي تصبح الحفريات ذات قيمة حقيقية في الترتيب الطبقي والزمني للصخور الرسوبية ، أي أن تكون حفرية مرشدة Guide Fossil or index fossil يجب التوفر فيها الشروط الآتية :-

١- مدي رأسي قصير

٢- انتشار جغرافي واسع

٣- أن تمثل بعدد ضخم من الأفراد

الحياة في العصور القديمة

سبق أن عاشت خلال العصور القديمة أنواع كثيرة من النباتات والحيوانات على سطح الأرض وبعض هذه الكائنات تشبه كثيراً بعض الكائنات المعاصرة كما عاشت كائنات أخري ذات حجم هائل ولها اشكال شاذة مختلفة وهي تختلف تماماً عن كائنات العصر الحاضر.

وفي هذا الفصل نعطي اهتماماً أكبر للدراسة المورفولوجية (دراسة التركيب أو الشكل الخارجي) حتي يتمكن الدارس من بناء فكرة عن كيفية التعرف على صفات كل مجموعة من الحفريات الشائعة أو النادرة .

الأوليات

الأوليان هي كائنات معقدة وحيدة الخلية لا تظهر الخصائص المميزة للنباتات أو الحيوانات في كل الأحوال ولذلك فإن الأوليات Protists تشمل كائنات سبق اعتبارها نباتات أحيانا أو حيوانات في أحيان أخري ويعتقد أن أحدي مجموعات الأوليات (الطحالب الخضراء) كانت البشائر الأولي للكائنات النباتية وفي الواقع فإنها تعتبر اجداد مشتركة لكل من النباتات والحيوانات .

قبيلة وحيدة الخلية Phylum Protozoa

تتكون كل افراد القبيلةمن كائنات ذات خلية واحدة معظمها لا يحتوي على اجزاء صلبة على أن بعض الأنواع لها اصداف صلبة ومعظمها حجمها دقيق وتشتمل هذه القبيلة على طائفة (ساركودينا) التي تنتمي اليها كل من (الفورامينيفرا – الراديولاريا) .

و الفورمونيفيراً هي حيوانات بحرية تفرز أصداف دقيقة مكون من غرف عديدة وتنتشر كثيراً في الصخور الرسوبية التي يتراوح عمرها من العصر الكمبري إلي العصر الحديث .

النباتات القديمة

الحفريات النباتية عادة تكون هشه وحفظها غير جيد ومع ذلك فقد تركت لنا سجلاً حفرياً امدنا بكثير من المعلومات عن تطور هذه المملكة ودلائل على الظروف المناخية القديمة .

تقسيم النباتات

سوف نتكلم عن الأقسام الكبري فقط في تقسيم النباتات وهي كما يلي :-

١- تحت مملكة ثالوفيتا .

وهي تشمل ابسط النباتات وهي ليس لها جذور أو سيقان أو أوراق وتضم كل من الفطريات والطحالب والأشنان والدياتومات وتنتشر الدياتومات على شكل حفريات دقيقة في الصخور الرسوبية كما تفرز بعض أنواع الطحالب مادة كربونات الكالسيوم بكميات وفيرة تكفي لتكوين كتل كبيرة من الحجر الجيري تعرف باسم شعاب وهذه الشعاب تتواجد في صخور ما قبل الكامبري.

٢- تحت مملكة امبريوفيتا.

وهي نباتات قادرة على تكوين الجنين بعكس نبات مملكة ثالوفيتا التي لا تكون أجنة ومن أهم أقسام النباتات الجنينية قسم النباتات الوعائية التي تنقسم إلي أربعة أقسام ومن بينها نجد أهم النباتات الحفريات والمعاصرة والتي تشمل السرخسيات – ودائم الخضرة - الزهريات - ومتساقطه الأوراق

ومن أشهر نباتات الحفريات الوعائية نجد السرخسيات وذيل الحصان بالإضافة إلي نباتات الفحم وتتواجد النباتات الوعائية منذ العصر السيلوري وحتي العصر الحديث .

الحيوانات القديمة

من الشائع وجود بقايا متحجرة للحيوانات في كثير من الصخور الرسوبية وهذه البقايا تنتمي لأنواع كثيرة مختلفة وتمثل حفريات لأعداد لا تحصي من الكائنات .

تقسيم الحيوانات

١- قبيلة الاسفنجيات

وهي ابسط أنواع عديدات الخلايا وتفرز الاسفنجيات الحية اصداف تتكون من الكيتين أو السيليكا أو كربونات الكالسيوم أو الأسفنجين وتتواجد هذه النوعية من الحيوانات في عصر الكامبري .

٢- قبيلة الجوف معويات

وتشمل مجموعة كبيرة من الكائنات عديدة الخلايا والتي تعيش في الماء ونجد أن الحيوان به فراغ جسمي يشبه الكيس وفم ممدد وظاهر ولوامس تحمل خلايا لاسعة وأهم أنواعها المرجانيات وقناديل البحر .

٣- طائفة الزهريات (الشعاعيات)

وإفراد هذه الطائفة حيوانات بحرية تشمل شقائق النعمان والمرجان ويفرز المرجان الاحادي صدفة خارجية على شكل كأس أو مخروط أما المرجان المركب يكون على شكل مستعمرات مكونة من هياكل كثيرة العدد وملتصقة ببعضها وهذه الحيوانات البانية للشعاب (الشعاب المرجانية) تعيش دائما في بحار دافئة وصافية وضحلة نسبياً وبهذا تكون حفريات المرجانيات دلائل واضحة عن المناخ القديم وقد عاشت المرجانية في عصر الأردوفيشي إلي العصر الحديث .

٤- قبيلة المسرجيات

وهي كائنات تشبه السراج (المصباح) وهي مجموعة بحرية كبيرة وللفرد الواحد صدفة مكونة من جزئين (المصرعان) ويتكونان من مادة جيرية ويحتويان بداخلهما على الحيوان .

- طائفة المسرجيات غير المعشقة :-

هذه الطائفة يتماسك فيها المصرعان بمفصل واضح وكل مصراع له اسنان ظاهرة تتعشق بفجوات في المصراع المقابل وقد عاشت المعشقات من العصر الكاميري للعصر الحديث .

٥- قبيلة الرخويات

وهي مجموعة كبيرة من الكائنات تعيش في الماء أو على الأرض وتضم المحار والحبار والأخطبوط ولمعظم الرخويات اصداف جيرية تعمل كهيكل خارجي ولكن هناك رخويات كالحبار لها صدفة داخلية وتنقسم قبيلة الرخويات إلي ثلاث طوائف كما يلي :-

أ) طائفة اسفينيات القدم

وفيها للحيوان صدفه مكونة من مصراعين تحتوي على الحيوان ويعيش كل فرد من هذه الطائفة في الماء المالح أو العذب. وهي بطيئة الحركة مثل المحار وبعضها مثبت في قاع البحر مثل الأوستريا ويغطي الجزئ الخارجي من الصدفة بغطاء قرني يسمي قشرة الصدفة ويبطن السطح الداخلي لكل مصراع بطبقة جيرية لها بريق خزفي أو لؤلؤي وتنتشر حفريات هذه الطائفة على شكل قوالب محفوظة في الصخر وأزدهرت هذه الكائنات منذ الحقب القديم الأعلي وحتي العصر الحديث .

ب) طائفة البطن قدميات

للبطن قدميات صدفة تتكون من مصراع واحد ملفوف حلزونيات وغير مقسم لغرف ولها خياشيم وتعيش في المياه البحرية الضحلة وبعضها في المياه العذبة . وتعيش البطن قدميات منذ العصر الكامبري وحتي الآن .

ج) طائفة الرأس قدميات

هي رخويات بحرية يتميز بعض انواعها بوجود صدفة خارجية والبعض الأخر له صدفة داخلية والبعض الآخر بدون صدفة وهي تشمل الحبار والأخطبط والامونيات المنقرضة ويتراوح وجودها من الكامبيري إلي العصر الحديث .

٦- قبيلة الحلقيات

الديدان الحلقية هي ديدان مكونة من عقل مثل دودة الأرض وتعيش أنواع منها في البحار وأخري في المياه العذبة أو على الأرض وقد ترك بعضها أنابيب جيرية أو فكوكاً أو اسنانا كيتينية تعرف باسم اسنان الديدان وقد وجدت بقايا متحجرة لديدان حلقية في صخور الكامبيري وحتي العصر الحديث .

٧- قبيلة المفصليات

وهي احدي المجموعات المتطورة من الافقاريات وهي معروفة من الكامبري حتـــي العصر الحديث ونجد منها الآن سرطنات البحر والجمبري والاستاكوزا .

وسوف نناقش في هذا الكتاب ثلاث مجموعات منها :-

أ- ثلاثي الفصوص

وهي من طائفة تريلوبيتا وهي مفصليات بحرية منفرطة ويتكون الجسم من ثـــلاث فصوص . فصي وسطي أو محوري وفصين جانبيين وقد عاشت ثلاثيات الفصـــوص مـــن الكامبري وحتي العصر البرمي .

ب. الأوستراكودا

وهي مفصليات لها مصراعان وتنتمي لطائفة استراكودا وهي قشريات صغيرة مائية تشبه المحارات الصغيرة .

وتوجد حفرياتها من العصر الأوردفيشي وحتي العصر الحديث .

ج. العقارب المائية

وهي مفصليات منقرضة تنتمي لطائفة العناكب المائية وبالرغم مـــن أن انتشـــارها المائي محدود إلا أن لها حفريات جيدة في بعض تكوينات العصر السيلوري والديفوني وقـــد عاشت من العصر الأردوفيشي وحتي العصر البرمي.

٨- قبيلة الجلد شوكيات

هي مجموعة كبيرة من الحيوانات البحرية ومعظمها له تماثـــل خماســـي واضـــح والحيوان النموذجي من هذه القبيلة ذو تركيب معقد وصدفة مكونة من ألواح جيرية عديـــدة متصلة ببعضها بطريقة معقدة ومغطاه بجلد خارجي ولها شكل نجمي أو فرضـــي أو علـــى شكل ثمره نبات الخيار .

وقد عاشت الجلد شوكيات من الكميري وحتي الآن .

أ. طائفة الزنبقيات

وتعرف ايضا باسم رنابق البحر بسبب منظرها الذي يشبه الزهرة ومعظم الزنبقيات لها ساق طويلة أو جذع وتكون مثبتة في المرحلة المبكرة من نموها وتصبح سابحة في مرحلة البلوغ وتوجد الزنابق من العصر الإردوفيشي إلي العصر الحديث .

ب. طائفة النجميات

وهي تشبه النجوم وتشمل نجوم البحر والنجم الثعباني وعاشت هذه المجموعات زمنا طويلا من الأردوفيشي وحتي الآن .

ج. طائفة القنفذيات

وهي جلد شوكيات غير مثبتة تتكون صدفتها الخارجية من الواح جيرية واشواك ولها أجسام تشبه القرص أو القلب أو (البسكوتية المستديرة) وتشمل الأنواع الحديثة منها القنفذ القلبي وريال الرمل وقنفذ البحر وقد عاشت القنافذ من الإردوفيشي إلي العصر الحديث.

٩- قبيلة الحبليات

لأفراد هذه القبيلة جهاز عصبي متطور وجسم مدعم بعمود شوكي من العظام أو الغضاريف .

أ) طائفة جرابتوليتينا

هي مجموعة من الحيوانات المنقرضة التي كانت تبني مستعمرات وانتشرت على نحو كبير خلال الحقب القديم المبكر وتميزت بوجود هيكل خارجي مكون من صفوف من الكؤوس أو الأنابيب التي كانت مسكنا للحيوان وهذه الكؤوس نمت على طول جذوع أو أعشاب بحرية أو أي أجسام غريبة أخري . وقد وجدت حفرياتها في صخور تتراوح من عصر الكمبري وحتي عصر الميسيسيبي .

ب) تحت قبيلة الفقاريات

وهي أكثر الحبليات تقدما وتتميز بوجود جمجمة وهيكل داخلي من العظم أو الغضروف وتنقسم إلي طائفتين .

(١) فوق طائفة الأسماك

وهي أبسط الفقاريات وهي تعيش في الماء وتتحرك بحرية كما أنهـا ذات دم بـارد وتتنفس عن طريق الخياشيم وتنقسم إلي الطوائف التالية :-

- طائفة الأسماك الغضروفية

تتميز أفراد هذه الطائفة بوجود هيكل غضروفي وتشمل القرش وحداة البحر والرايه وقد بدأ ظهورها في الديفوني ومازالت منتشرة إلي الآن .

- طائفة الأسماك العظمية

وهي الأسماك العظمية الحقيقية وهي أكثر تطورا وأنتشار ولها فكوك جيدة وهيكل عظمي داخلي ومثانة هوائية .

وتنتشر حفريات الأسماك العظمية على هيئة أسنان أو عظام أو قشور وأحيانا هياكل عظمية كاملة . وقد بدأت هذه الطائفة في الديفوني وهي مستمرة حتي العصر الحديث .

- طائفة صفيحيات الجلد

هي أسماك بدائية لها فك وكان معظمها مغطي بدرع ثقيل وكانت تشبه القروش في المظهر وظهر أفراد هذه الطائفة في السيلوري وأنقرضت في نهاية العصر البرمي .

(٢) فوق طائفة ذوات الأربع

وهي أرقي مجموعة من قبيلة الحبليات وتتصف بوجود رئتين وقلب سـوف نـذكر منها الطوائف التالية :-

أ- طائفة البرمائيات

وتمثلها الضفادع البرية والضفادع المعروفة وهي حيوانات ذات دم بـارد تقضـي معظم حياتها على اليابسة وقد ظهرت في العصر الديفوني إنتشرت فـي العصـر البرمـي والترياسي .

ب- طائفة الزواحف

تطورت الزواحف من البرمائيات وكيفت نفسها لتحيا دائما على اليابسة وهي ذوات الدم البارد وجلدها الخارجي مغطي بحراشيف وقد أوردت التقسيمات الحديثة عددا كبيرا من الزواحف وسوف نناقش باختصار أهم هذه المجموعات .

- السلاحف البرية

تتغلف اجسام هذه السلاحف بألواح عظمية بطريقة شبه كاملة وظهرت هذه الكائنات منذ العصر الثلاثي وحتي الآن .

- الزواحف ذات الزعانف الظهرية

وهي مجموعة من الزواحف عاشت في الحقب القديم المتأخر وتميزت بوجود زعنفة تشبه الشراع على ظهرها وقد كانت تعمل على تبريد الجسم في الجو الحار .

- الزواحف النباتية

يمثل مجموعة من الزواحف تشبه التماسيح ويتراوح طول الجسم من مترين إلي ستة أمتار وبرغم من أوجه الشبه مع التماسيح في الشكل واسلوب الحياة إلا أن هذا الشبه سطحي فقط لأنهما مختلفان تماماً وقد عاش الزاحف النباتي في عصر الترياسي فقط .

- الزواحف الطائرة

هي زواحف من الحقب الأوسط لها أجنحة مثل أجنحة الخفافيش وهذه الأجنحة مدعمة بأذرع وأصابع طويلة وقد مكنتها أجسامها الخفيفة وأجنحتها العريضة من التحليق في الجو .

- الدينوصورات

أطلق هذا الأسم الشامل (الذي معناه السحالي المرعبة) على هذه المجموعة من الزواحف التي سيطرت على أنواع الحياة في الحقب الأوسط ولمدة ١٦٥ مليون عام وقد تتراوح طولها من بضع امتار حتي ٢٥ متراً وتراوح وزنها من عدة كيلوجرامات إلي ٤٥ طناً وكان بعضها من أكلات اللحوم إلا أن معظمها كان يتغذي على النباتات وكانت بعض الأجناس تمشي على رجليها الخلفيتين والبعض الآخر يمشي على أربع .

- الديناصورات شبيهة الطيور

ولها أفخاذ الطيور وكانت زواحف آكلة للحشائش وتنتمي لهذه الرتبة الدينوصورات الشبيهة بمنقار البط أو جلد الماء والدينوصورات حاملة الألواح والدينوصورات المدرعة والدينوصورات ذات القرون.

- شبيهة خلد الماء

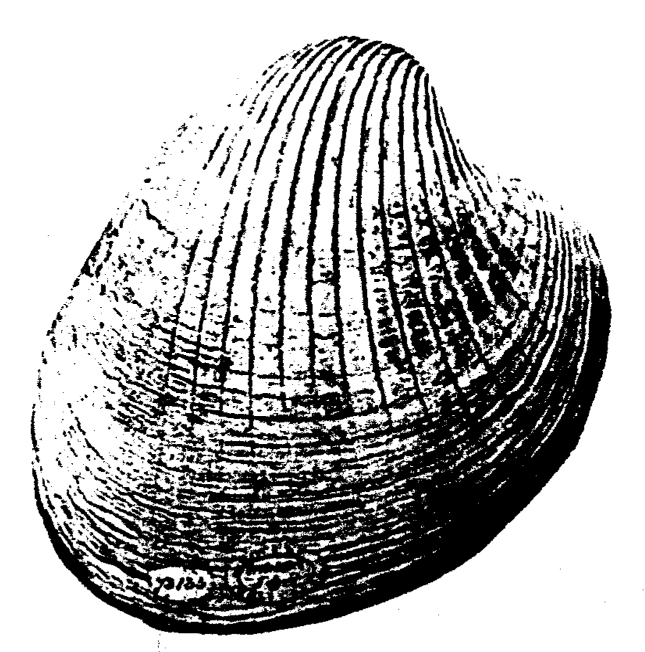
هي دينوصورات شاذة كانت تمشي على الأرجل الخلفية وقضت نصف حياتها في الماء وكانت عالية التخصص.

- حاملة الألواح

وهي دينوصورات آكلة الحشائش تمشي على أربع ولها ألواح بارزة طويلة على طول الظهر وكذا أشواك مسننة على الذيل ومنها جنس ستيجو ساوروس الدي عاش في العصر الجوارس وقد وصل وزنه إلي عشر أطنان وطوله إلي تسعة امتار وارتفاعه عند الفخذين ثلاثة أمتار .

- الدينوصورات المدرعة

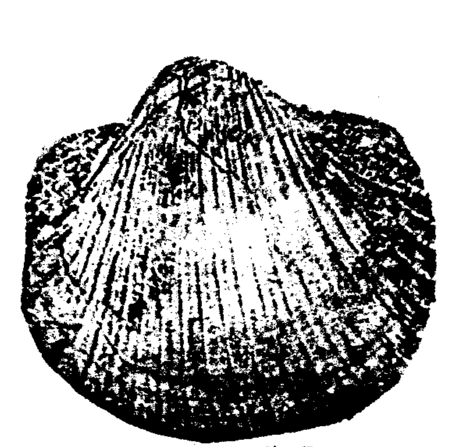
كانت تمشي على أربع وهي آكلة نباتات وقد عاشت في العصر الطباشيري ولها أجسام مفلطحة نسبيا ولها درع يحمي الرأس والظهر وذيل شبه بالهرواة ومزود بأشواك ومنها جنس أنكيلو ساوروس الذي له أشواك تبرز مر الجسم والذيل وكانت منتشرة في العصر الطباشيري .



Venericardia

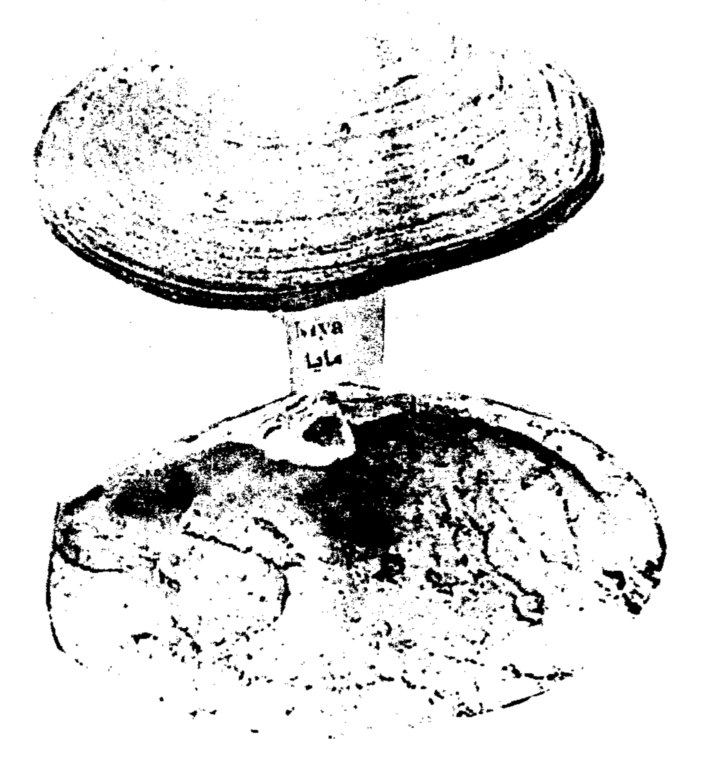
Arctica

آرکتیکا



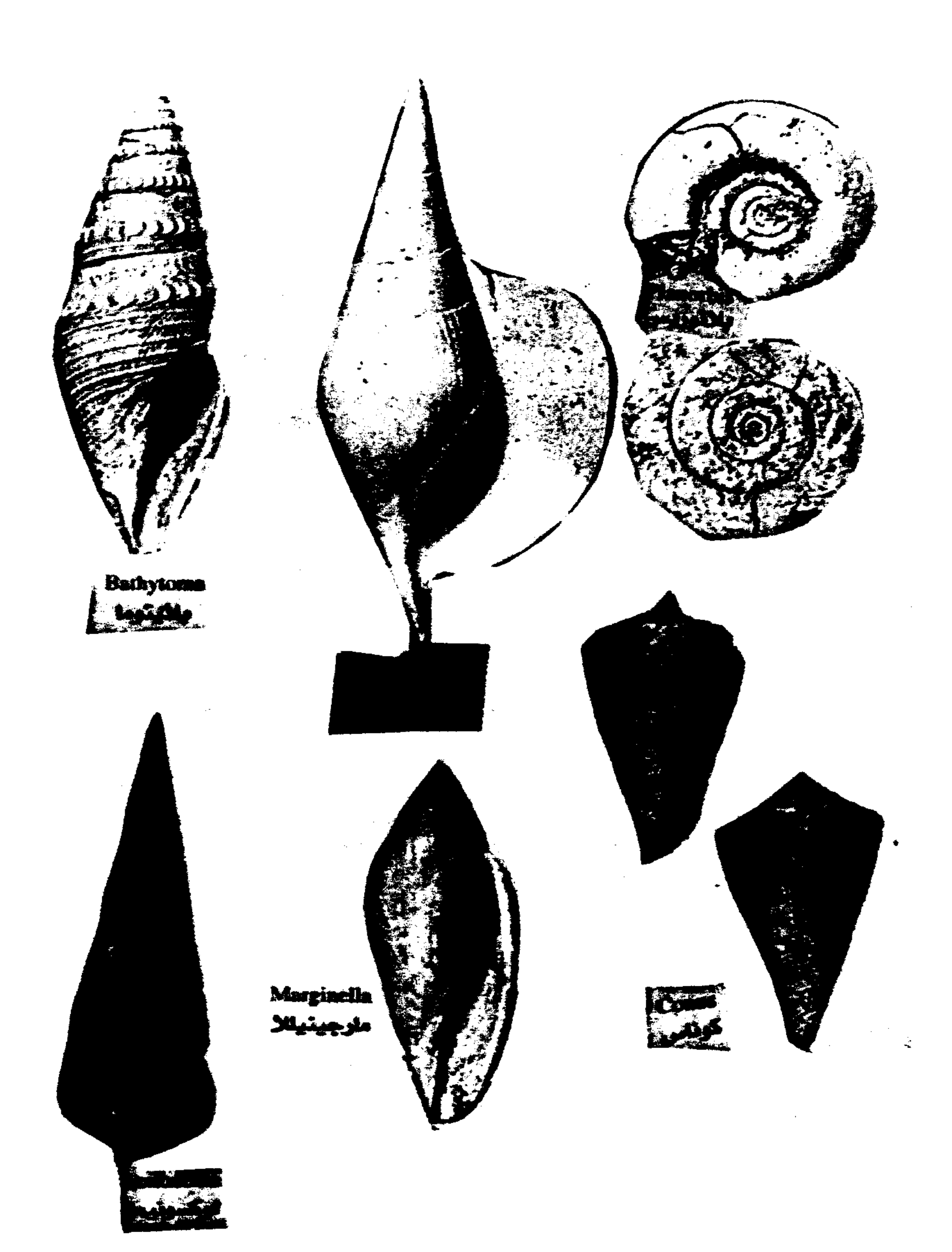
Plagiocardium

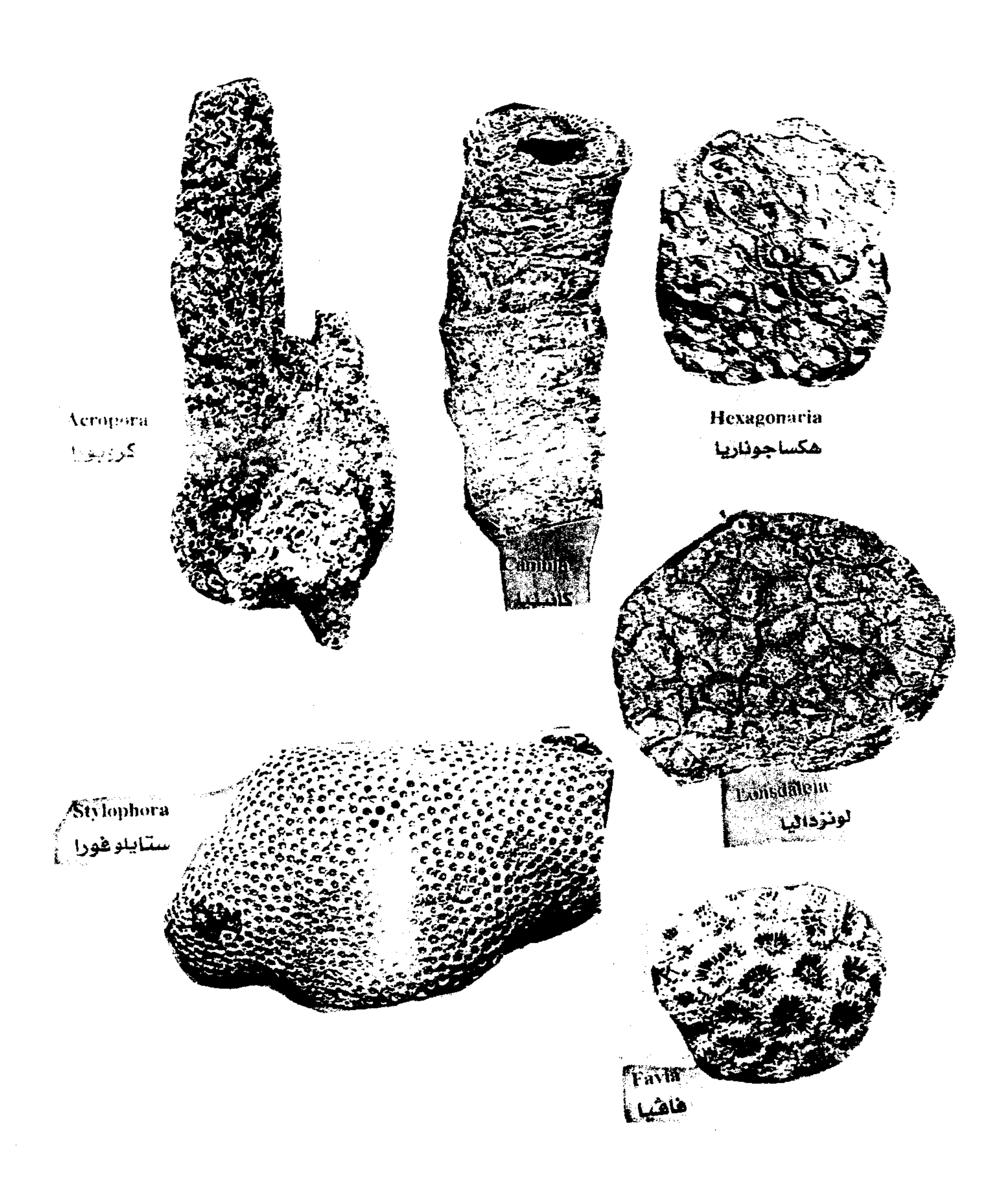
پلاجیوکاردیام

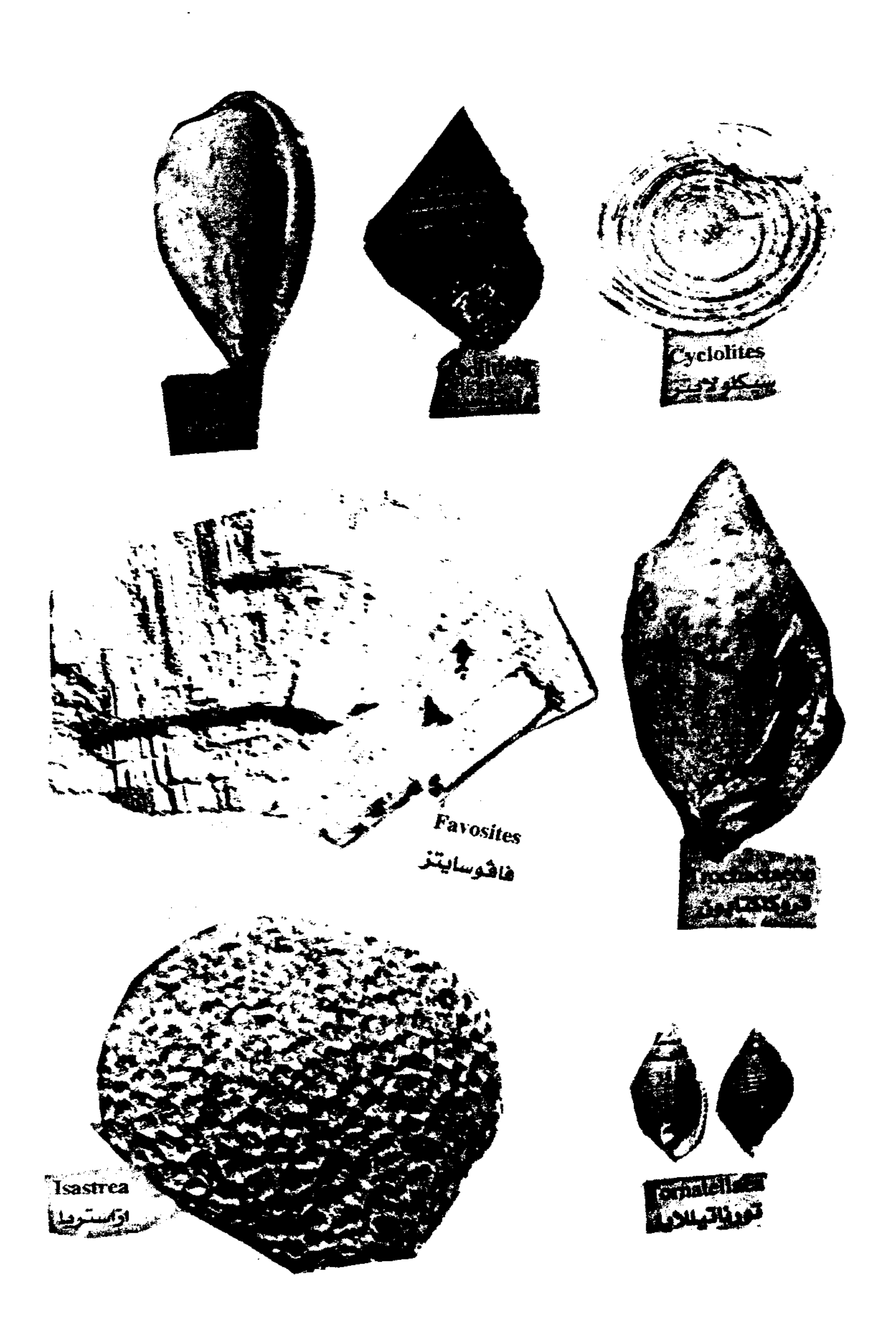


Mya

مایا


Bathytoma
Marginella
مارجينيلا


Acropora
Caninia
Hexagonaria
هكساجوناريا
Lonsdaleia
لونزداليا
Stylophora
ستايلوفورا
Favia
فافيا


Cyclolites
Favosites
فافوسايتز
Isastrea

الباب التاسع

الأحجار الكريمة ونصف الكريمة

الباب التاسع

الأحجار الكريمة ونصف الكريمة

الأحجار الكريمة هي معادن نادرة الوجود ، ساحرة – تسر الناظرين وتجذب العيون ويرجع سبب تسميتها بهذا الاسم إلي مجموعة من الصفات والخصائص أهمها الجمال – الندرة الصلابة والمتانة .

أولا : صفة الجمال :

من المعروف أن أسرار الجمال في الأحجار الكريمة ترجع إلي اللون والبريق والشفافية والتألق والتشتت. ويقصد بالتألق هنا : (مقدرة البلورات المكونة للحجر الكريم على عكس الضوء إلي العين). أما التشتت فيقصد به: (مقدرة البلورات على تشتيت الأشعة الضوئية وتحليلها إلي ألوان الطيف) وتمكن زيادة قدرة البلورات على تشتيت الأشعة الضوئية في الأحجار الكريمة عن طريق هذه البلورات بزوايا هندسية معينة تزيد من عدد الأوجه البلورية والأسطح المعرضة للضوء.

والأحجار الكريمة قد تكون ملونة مثل الياقوت الأحمر والزمرد الأخضر والفيروز الأزرق ، أو قد تكون عديمة اللون وهي أجود أنواع الأحجار الكريمة ومثالاً لذلك الماس ويسمي الألماس أو الألماظ ، وهو أغلى وأثمن الأحجار الكريمة عديمة اللون ترجع جاذبيتها إلي صفتين ، هما: الإبهار والتشتت .

ثانيا : صفة الندرة :

من المعروف أن المعادن الشائعة التي تتكون منها صخور القشور الأرضية يصل عددها – حالياً – إلي أكثر من أربعة آلاف معدن، وأن عدداً من هذه المعادن يستخدم كأحجار كريمة ، وبذلك ترجع أسباب ندرة وجودها في الطبيعة .. وعلى سبيل المثال فإن معدن البريل تستخرج منه آلاف الأطنان سنوياً من دول عدة في العالم ، ولكن هذه الأطنان لا تستخدم كأحجار كريمة ، إنما تستخرج كمصدر أساسي لعنصر البريليوم . أما الأنواع التي تستخدم كأحجار كريمة من البريل والمعروفة بالزمرد الأخضر فتستخرج من بعض دول العالم بكميات قليلة للغاية يتم تقديرها بالجرامات لا بالأطنان .

وندرة الأحجار الكريمة قد تصل إلي ان الحجر الكريم لا يوجد إلا في مكان مـ بدولة بعينها ، ومثالاً لذلك نذكر أنه في عام ١٩٤٥م قد عثر خبير الأحجار الكريمة الكونت تافيه " – وهو أيرلندي الجنسية – على حجر كريم لونه بنفسجي فاتح نادر الوجود في الطبيعة وأطلق عليه اسم " تافيه " ويقال : إن هذا الحجر لا يوجد إلا في الصين .

وفي عام ١٩٥٧م عثر مدير مناجم الياقوت في ميانمار (بورما سابقاً) وهو مستر " بين " على حجر كريم أحمر برتقالي اللون فريد من نوعه وأطلق عليه اسم " البينت " ولا توجد منه في العالم سوي بلورتين فقط في متحف التاريخ الطبيعي بلندن .

وفي عام ١٩٦٧ عثر الجيولوجي " زويس " على حجر كريم وأطلق عليه " الزوسيت " ولونه ما بين الأخضر والرمادي وهذا المعدن لا يوجد إلا في تنزانيا .

السؤال : هل يفقد الحجر الكريم ندرته ؟

الحجر الكريم قد يكون كريماً في يوم من الأيام بسبب ندرته وقلة المعروض منه في الأسواق العالمية ، ولكن عند اكتشاف الكثير منه من الممكن أن يفقد صفة الندرة ويسقط من عرش الأحجار الكريمة . ومثالاً لذلك ما حدث بالفعل مع معدن " الأميثت " والذي كان يعد من أندر الأحجار الكريمة ، حتي القرن الثامن عشر الميلادي ، وكان استخدامه قاصراً على الملوك والأمراء والسلاطين ، حتي إن كردان وقلادة الملكة إليزابيث الأولي كانا مصنوعين من هذا الحجر الكريم .. وبمرور الوقت تم اكتشاف المزيد منه في بعض مناطق أمريكا الجنوبية والبرازيل، الأمر الذي نجم عنه زيادة المعروض منه في الأسواق ، وبالتالي أدي إلي انخفاض أسعاره وتداوله عامة الناس ، وفقد هذا الحجر مكانته في مملكة الأحجار الكريمة .

ثالثاً : صفة المتانة والصلادة :

هذه الصفة تعني صلادة المعدن ومقاومته أيضا للعوامل الجوية من حرارة ورطوبة وغيرها .

أهميتها الاقتصادية

لقد ظلت الأحجار الكريمة ردحاً من الزمان تستخدم في أغراض الزينة فقط . والقدماء المصريون برعوا في صناعة الأحجار الكريمة ، خاصة في تقطيع وصقل وتلميع

الأحجار الكريمة وتشكيلها في صورة عقود وقلائد واساور ، أو ترصيع المشغولات الذهبية والفضية بها. ولكي يحصلوا على حاجاتهم من الأحجار الكريمة كانوا يرسلون البعثات التعدينية إلي الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء وقد قاموا باكتشاف أنواع عدة من الأحجار الكريمة، والدليل على ذلك ما هو موجود بالمتحف البريطاني إلي حرفة أطلق عليها المصري القديم اسم (مسعت) ومعناها : متعهد الأحجار الكريمة.

والعرب والمسلمون كان لهم دور كبير في استخراج واستخدام الأحجار الكريمة من مختلف أماكنها ، واتجهوا إلي الفوائد الاقتصادية والاستخدامات المباشرة للأحجار الكريمة في أغراض الزينة دون الخوض في الخرافات والأساطير التي كانوا ينتقدونها ويرفضونها ، ومنها : اعتقادات الإغريق وغيرهم من أصحاب الحضارات الوثنية السابقة لهم حيث كانوا يربطون بين الأحجار الكريمة والكواكب في خرافات تنجيمية أسطورية وانحرافات فكرية كثيرة مثل الربط بين الأبراج الكريمة نذكر منها الربط بين :

- برج الجدي ومعدن العقيق الأحمر ويقال : انه يعني الصدق والإخلاص.
- برج الحوت ومعدن الأكوامارين ويعني البراءة .
- برج الحمل ومعدن الألماس ويعني الحكمة .
- برج الثور ومعدن الزمرد ويعني الصحة .
- برج الجوزاء ومعدن اللؤلؤ ويعني النبل والشرف .
- برج السرطان ومعدن الياقوت ويعني الفضيلة
- برج العذراء ومعدن الزمير ويعني الازدهار.
- برج الميزان ومعدن ألاوبال ويعني الأمل .
- برج العقرب ومعدن التوباز ويعني الحب .
- برج القوس ومعدن الفيروز ويعني الثقة بالنفس .

ومع التقدم العلمي في التكنولوجيا بدأت الأحجار الكريمة تستخدم بجانب الزينة في الصناعات المختلفة وعلى رأسها معدن الماس الذي يستخدم في الأجهزة العلمية والإشارات الإلكترونية وأجهزة الفضاء وأجهزة الحاسب الآلي، وزادت القيمة الاقتصادية للأحجار

الكريمة في العالم ، مما زاد من الطلب والإقبال على شراء هذه الأحجار الكريمة وأدي ذلك إلي ندرتها وارتفاع أسعارها العالمية .

أصل تكوين الأحجار الكريمة :

تتكون الأحجار الكريمة في أعماق سحيقة بباطن الأرض، ربما تزيد على ٢٠٠كم ، ثم تصل إلي سطح الأرض مع صهارة البراكين المتدفقة من الأعماق ، ورحلة هذه الأحجار الكريمة في جوف الأرض إلي سطحها رحلة بطيئة للغاية ، ربما تستغرق ملايين السنين... على الرغم من أن ثوران البراكين واندفاعها أشياء توهمنا أن هذه الرحلة لا تستغرق سوي دقائق معدودة، ولكن في الحقيقة البراكين لا تسرع الخطوات إلا عندما تقترب من قشرة الأرض ثم إلي سطحها ، وبمجرد أن تصل بلورات هذه الأحجار الكريمة إلي سطح الأرض يبدأ الإنسان – هو الآخر – رحلة شاقة مضنية في البحث والتنقيب عن هذه البلورات الساحرة ، وكثيراً ما تضطره الظروف إلي حفر أنفاق ومغارات عملاقة ومناجم تحت سطح الأرض، وقد يكون الإنسان سعيداً وتقع عيناه على بلورة ماس أو غيرها من الأحجار الكريمة فوق سطح الأرض في لحظة ما دون عناء أو مشقة .

وهناك مجموعة من الأحجار تكون عضوية النشأة وهي ليست بمعادن على وجه التحديد ومن أمثلتها اللؤلؤ، المرجان، الكهرمان، العاج (سن الفيلة).

وهناك الأحجار الاصطناعية التي تاريخ صناعتها إلي الكيميائي الفرنسي " مارك جون " في عام ١٨٣٧م حيث قام بصناعة الياقوت من صهر كبريات الألومنيوم والبوتاس مع كرومات البوتاسيوم عند درجات حرارة عالية تصل إلي (٢٠٠٠م) .

الأحجار الكريمة في مصر :

تتميز مصر دون بلدان العالم بوجود ثلاثة أنواع من أثمن وأنفس الأحجار الكريمة وهي الزمرد والزبرجد والفيروز ، والزمرد المصري له شهرة تاريخية تجعله في المرتبة الأولي في العالم ، ويتواجد الزمرد المصري في عروق صخور البجماتيت في الجزء الجنوبي من وسط الصحراء الشرقية ، وهناك يوجد بعض المناجم القديمة التي يعود استغلالها إلي القدماء المصريين في عهد الأسرة الثامنة عشرة. والزبرجد يوجد في جزيرة

بسيناء تسمي باكة ، وهذه الجزيرة لها شهرة تاريخية عريقة باعتبارها من أقدم أماكن إنتاج الزبرجد في العالم .

أما الفيروز فيوجد في سيناء ، ويعد من أجمل أنواع الفيروز في العالم ، ولذلك تسمي سيناء بأرض الفيروز ، وهو يوجد هيئة عروق بين الصخور الحاوية له ، أو يوجد على هيئة بلورات بين طبقات الرمال في مناطق متفرقة من سيناء مثل سرابيت الخادم وجبل المغارة ... وهناك الكثير والعديد من الأحجار الكريمة التي لم يتم اكتشافها بعد في مصر ، خاصة في وسط وجنوب الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء ، وهذه الاكتشافات تحتاج إلي المزيد من عمليات البحث والتنقيب وإرسال العديد من البعثات الجيولوجية المتخصصة في هذا المجال إلي هذه المناطق، حيث إن الأحجار الكريمة ثروة قومية ولها قيمة اقتصادية كبيرة يمكن أن تساهم في زيادة الدخل القومي وتشغيل الشباب والمساهمة في حل البطالة .

وأهم الأحجار التي استعملت قديما هي العقيق اليماني والجمشت ، والزمرد المصري والمرمر المصري ، والعقيق الأحمر ، والعقيق الأبيض ، والمرجان ، والفلسبار ، وحجر سيلان ، وحجر الدم ، وحجر اليشم ، والجيدايت Jadeite واليشب ، وحجر اللازورد ، والملحيت ، والزبرجد ، والجزع الحبشي ، واللؤلؤ ، والزبرجد الأصفر والبلور الصخري ، والسرد Sard والجزع البقراني ، والفيروز ومن المناسب أن يدرج في هذا البيان الكهرمان وراتنجات أخري ، إذ ولو أنها ليست أحجاراً كانت تعتبر مواد شبه كريمة فكانت تستخدم أحيانا في كثير مما تستخدم له الأحجار الكريمة أما الماس وعين الهر Opal والياقوت الأحمر والياقوت الأزرق فلم تكن معروفة لدي قدماء المصريين .

وقد ورد ذكر الأحجار الكريمة في النصوص القديمة مراراً فيما يختص باستخدامها في أغراض معينة وتسلمها كجزية أو أخذها ضمن أسلاب الحرب ، وإن يكن قد أشير إلي بعض هذه الأحجار بالاسم فرادي إلا أن ترجمة أسمائها لا تزال غير محققة في الغالب . وذكر يليني نحو ثلاثين نوعاً مختلفا من الأحجار الكريمة التي كان يحصل عليها من مصر وإثيوبيا ، ولكن لم يمكن التعرف إلا على القليل منها .

ويرجع تاريخ استخدام الكثير من الأحجار التي سردناها إلي نحو فترة البداري وعصر ما قبل الأسرات ، في حين أن الأحجار الأخري لم يبدأ استعمالها إلي في عصر متأخر جداً ، وجميع هذه الأحجار إلا القليل منها من المنتجات المحلية .

العقيق اليماني والجزع الحبشي والجزع البقراني

Agate,Onyx,Sardonyx

العقيق اليماني والجزع الحبشي والجزع البقراني كلها من العقيق الأبيض . ولما كانت وثيقة العلاقة بعضها ببعض فهي تجمع عادة معا ويعبر عنها بالعقيق اليماني . وتتألف جميعها من السليكا ، وأساس الاختلاف بينها هو في لون خطوطها ، فخطوط العقيق اليماني ، وهي غالبا غير منتظمة ، ردئية التحديد ولكنها مركزة تقريباً ولونها يكون عادة وبوجه عام أبيض وبنياً مع القليل من الزرقة أحياناً، وخطوط الجزع الجبشي والجزع الحبشي البقراني تكون في الغالب مستقيمة ومنتظمة نسبياً، وهي في الحجر الأول في بياض اللبن متناوباً مع سواد، وأما في الثاني فتكون في بياض يتناوب مع سمرة ضاربة إلي الاحمرار أو مع حمرة. وهذا الحجر كما يدل اسمه عبارة عن جزع حبشي تتخلله طبقات من السرد. أما العقيق اليماني والجزع الحبشي البقراني المستعملة في الحلي في العصر الحاضر فالجزء الأكبر منها مصبوغ بالصناعة ولاسيما الجزع الحبشي.

ويوجد العقيق اليماني في مصر بكثرة غالباً في صورة حصباء. ولكن وجدت منه أيضاً كمية صغيرة مقترنة باليشب والعقيق الأبيض في صخرة حاجز عند رأس وادي أبو جريدة بالصحراء الشرقية . وربما كان الجزع الحبشي والجزع البقراني موجودين بمصر أيضاً ولو أنه لم يمكن العثور علي أي ذكر لهما في التقارير الجيولوجيا وأشار بليني إلي عقيق يماني مصري من طيبة، وذكر أنه خال من العروق الحمراء والبيضاء وأنه ترياق لسم العقرب.

الكهرمان وراتنجات أخرى:

من المناسب أن نذكر الكهرمان وراتنجات أخرى في هذا الباب وإن لم تكن من الأحجار الكريمة ولا من شبه الكريمة، إذ أنها كانت تستخدم مثلهما في صنع التمائم والتخلي.

وذكر بتري جعرانين منقوشين وصفهما بأنهما من الكهرمان وقد وصف به الجعران الكبير الموجود في صدرية "حاتاي" من عقد الأسرة الحادية والعشرين، وجعراناً بالمتحف البريطاني تاريخه غير معروف. ولا يذكر أحد أن المصريين ربما كانوا قد استعملوا الكهرمان ولا سيما في عصر متأخر، ولكن لم يثبت من ذلك أن جميع الأشياء التي وصفت بكونها من الكهرمان هي كهرمان فعلاً، إذ يكثر جداً كتل منه في المقابر المصرية القديمة

من جميع العصور وبخاصة في مقابر فترة البداري وعصر ما قبل الأسرات وعصر الأسرات القديم

الجمشت: Amethyst

الجمشت عبارة عن كوارتز شفاف ملون بقليل من أحد مركبات المنجنيز، وكان يستخدم بكثرة في مصر القديمة علي هيئة خرز للعقود علي الأخص وللأساور أيضاً، كما كانت تشكل منه الجعارين أحياناً. وهنالك أساور من عهد الأسرة الأولي تحتوى علي خرزات من الجمشت، وكان الجمشت يستخدم بكثرة في عهد الدولة الوسطى، ومن حين لآخر إبان عصر الأسرات (مثال ذلك جعراناً من الجمشت وجدا في مقبرة توت عنخ آمون). وظل الجمشت مستعملاً حتى العصور الرومانية.

وتوجد أماكن تشغيل الجمشت في الزمن القديم بالقرب من جبل "أبو دبيبه" في منطقة سفاجة بالصحراء الشرقية، وتوجد أحجارة في تجويف بجرانيت من اللون الأحمر، وهناك أيضاً محاجر قديمة له علي بعد نحو عشرين ميلاً جنوب شرقي أسوان وأخرى من عصر الدولة القديمة علي بعد نحو أربعين ميلاً شمال غربي "أبي سنبل". وقد أشار بليني إلي الجمشت المصري.

الزمرد المصري Beryl

قد يكون الزمرد أخضر أو أزرق شاحباً أو أصفر أو أبيض، ولكن المعروف حتى الآن هو أنه لا يوجد في مصر سوى النوع الأخضر، أو أن المصريين لم يستعملوا غيره.

ويوجد الزمرد المصري في منطقة سكيت زبارة من تلال شاطئ البحر الأحمر حيث توجد مناجم واسعة قديمة له قد تكون من العصر اليوناني الروماني. وليس هناك أي دليل علي أنها كانت تستغل في عهد إمينوفيس الثالث كما يقول ويلكينصون وقد ذكرها استرابو وبليني ولعلها كانت المصدر الأصلي والوحيد للزمرد المصري في العصور القديمة. ويوجد الزمرد في طبقات الميكا الطلقية علي صورة منشورات سداسية تتميز بخطوطها الرئيسية. وقد أجريت في الأزمنة الحديثة محاولات لتشغيل هذه المناجم ولكنها باءت جميعاً بالفشل من الوجهة التجارية، وكان السبب في ذلك بوجه عام أن الأحجار لا تبلغ من جودة النوع الدرجة التي تفي بالمقتضيات الحديثة، فهي غالباً من لون أخضر شاحب كثيرة

الصدوع Flaws ولعله كان يوجد في سالف الزمن من الأحجار ما تبلغ جودته قدرا كافيا لوضعه في مرتبة الزمرد (وما الزمرد إلا نوع جيد من البريل Beryl بصفة خاصة)، ولكنه لو يوجد في الأزمنة الحديثة شئ من هذا القبيل. وأحجار الزمرد المصري تكون دائماً شفافة أو شبه شفافة ولا تكون أبداً معتمة وكان استعمال الزمرد المصري بمصر في بادئ الأمر في صورة بلوراته السداسية الطبيعية، إذ أنه أصلد قليلاً من الكوارتز مما أعجز المصريين حتى وقت متأخر عن قطعة بكيفية مرضية ولو أنه كان يثقب أحياناً.

الكالسيت Calcite والمرمر الايسلندي Icelandspar

الكالسيت ما هو إلا الاسم الجيولوجي لما يسمى في مصر مرمر، وهذا الحجر شبه شفاف عندما يكون رقائق، وكان يستخدم علي هذه الصورة في ترصيع المصوغات و الآثاث، مثال ذلك ما وجد علي بعض الأشياء في مقبرة توت عنخ آمون.

وهناك نوع من الكالسيت الصافي جداً والشفاف يسمى المرمر الايسلندي كان يستعمل أحياناً في صنع الأشياء الصغيرة، فهناك ما هو معروف ختم أسطواني من عهد الأسرة السادسة مصنوع من هذه المادة (علماً بان المرمر الإيسلندي ليس في صلادة الزجاج أو الزجاج الطبيعي كما ذكر في وصف هذا الختم)، وكذلك خرزات من عهد الأسرات الثامنة عشرة والثانية والعشرين والثالثة والعشرين علي التوالي وقد ذكر برنتون في تقرير له خرزه خضراء من فترة البداري صنعت من الكلسيت، أما الغلاف الشفاف الخاص بالمدلاة الصغيرة علي صورة ثور التي وجدت بدهشور فليس من المرمر الأيسلندي (Spath) كما ذكر المكتشف بل من البلور الصخري.

وتوجد جميع أنواع الكالسيت بكثرة في صحراء مصر الشرقية، ويوجد المرمر الايسلندي في غرب أسيوط (وبالمتحف الجيولوجي عينة بديعة منه مصدرها ذلك المكان)، كما يوجد في تل العمارنة أيضاً.

العقيق الأحمر Carnelian والسرد Sard

العقيق الأحمر عبارة عن عقيق أبيض شبه شفاف ملون باللون الأحمر، وترجع حمرته إلي وجود مقدار صغير من أكسيد الحديد: ويوجد هذا الحجر بكثرة في صحراء مصر الشرقية علي صورة حصباء كما يوجد بلا ريب في مكان واحد علي الأقل بالصحراء

الغربية. وكان يستعمل بكثرة منذ عهود ما قبل الأسرات فما بعد ذلك، وقد صنع منه الخرز والتمائم في بادئ الأمر، ثم استخدام بعد ذلك في ترصيع المصوغات والاثاث والتوابيت أيضاً، كما كان يستعمل أحياناً في صنع الخواتم.

والسرد هو الاسم الذي يطلق علي ضروب من العقيق الأحمر القاتم اللون حتى ليكاد يكون بعضها أسود، وكان السرد يستخدم علي نطاق ضيق منذ عصر ما قبل الأسرات فما بعده. ويذكر بليني أنه يوجد في مصر ولعل الأمر كذلك

العقيق الأبيض Chalcedony

العقيق الأبيض صورة من صور السليكا وهو شبه شفاف ذو مظهر شمعي، فإذا كان نقياً فلونه أبيض أو ضارب علي الشهبة تشوبه زرقة خفيفة، علي أنه قد يكون من أي لون تقريباً بسبب وجود نسبة صغيرة به، ولكثير من أنواعه الملونة أسماء خاصة.

ويوجد العقيق الأبيض في مصر بالقرب من وادي الصاغة وفي وادي أبو جريدة بالصحراء الشرقية، وفي الواحات البحرية بالصحراء الغربية وعلي بعد نحو ٤٠ ميلاً شمال غربي أبو سنبل وفي إقليم الفيوم وسيناء. وكان يستخدم بمصر القديمة أحياناً في صنع الخرز والمدليات والجعارين، ويرجع بدء تاريخ استخدامه إلي عصور ما قبل الأسرات، وظل مستعملاً حتى العصر الروماني.

المرجان Coral

يتألف المرجان من هياكل صلبة لأحياء بحرية، وقد يكون لونه أبيض أو أحمر في فروق طفيفة أو أسود. وسنقصر الكلام هنا علي نوعية الأبيض والأحمر، إذا لم يسجل أي أستعمال لنوعه الأسود في الزمن القديم وإن كان هذا النوع موجوداً في البحر الأبيض المتوسط.

وهناك مما يمكن تتبعه حالتان استعمل فيهما المرجان الأبيض العادي في مصر القديمة، الأولي من عهد الأسرة التاسعة عشرة بمدينة غراب والثانية من القرن السابع إلي القرن السادس قبل الميلاد بتل دفنة، وفي هذا الموضع الأخير كانت توجد كمية كبيرة من هذا المرجان الأبيض علي صورة شعاب طبيعية.

وهناك نوعان من المرجان الأحمر، أحدهما هو النوع المتشعب المصمت المشــهور (Corallium rubrum و Corallium nobile) الذي يستعمل في العصر الحاضــر فــي صنع الحلي ولا سيما العقود، والآخر هو المرجان، المزماري، أو "الارغنــي" (Tubipora musica) وهو أقل شيوعاً من سابقة، ويوجد كما يدل اسمه علي صورة أنابيب مجوفة يذكر منظرها نوعاً ما بأنابيب الأرغن المصغرة.

ويحصل علي النوع الأول، وهو المرجان الكريم، من غربي البحر الأبيض المتوسط غالباً، وقد كان من السلع التجارية الهامة في العصور الرومانية، ويرجع تاريخ جميع العينات المعروفة منه في مصر القديمة إلي عصر متأخر يمتد علي الأخص من عصر البطالمة إلــي العصر القبطي. وتتألف هذه العينات أما من التمائم أو بوجه أعم من الخرز أو القطع المشبعة الصغيرة التي كانت تثقب لتعليقها حول العنق. ووجد الكثير من خرز هذا النوع من المرجان في مقابر العصر المتأخر التي اكتشافها حديثاً إمرى في قسطل بالقرب من أبي ســنبل بــبلاد النوبة.

الفلسبار الأخضر

الفلسبار الأخضر (Microcline) أو "حجر الأمازون"، كما يسمي أحياناً هو حجــر معتم ذو لون أخضر شاحب غير متسق ويتركــب مــن ســليكات الالومنيــوم والبوتاســيوم المزدوجة. ووجد بول بلورات صغيرة منه في جبل مجيف في الصحراء الشــرقية، ووجــد روبنصون "بلورة كاملة كبيرة في وادي أبي رشيد المتفرع من وادي نجوس" وعثر في وادي هجيليج علي بعد نحو سبعة أميال غرب جبل مجيف علي عرق عريض من الفلسبار الازرق الضارب إلي الخضرة مشغل في الزمن القديم، كما وجدت منــه عــدة كتــل كبيــرة علــي الانحدارات السفلي من سلسلة حفافيت.

حجر الفلور (Fluorspar)

وجد ميرز في أرمنت خرزة من الفلور الأخضر وخمس خرزات من حجر الفلــور ذي اللون الأصفر مما يرجع تاريخه إلي عصر ما قبل الأسرات.

حجر سيلان (Garnet المقيق)

"حجر سيلان" هو الاسم الذي يطلق علي مجموعة من المعـــدنيات المركبـــة مـــن السليكات المزدوجة لبعض الفلزات والمنتشرة في الكون، ولكنها تكون في الغالب قاتمة أكثر من اللازم فلا تصلح للاستعمال كأحجار كريمة. وحجر سيلان الذي اســـتخدمه المصـــريون القدماء نوع أحمر قاتم أو بني ضارب إلي الحمرة شبه شفاف، ويوجد في البلاد بكثرة فهـــو موجود عند أسوان وفي الصحراء الشرقية وفي سيناء.

حجر الدم Haematite

"حجر الدم" أكسيد حديد يستعمل بكثرة كخام لاستخلاص هذا الفلز. ويوجد الهيماتيت في صور وألوان مختلفة، فقد يكون أسود أو أحمر أو بنياً أو ورقياً لامعاً أو كالميكا. وهنـــاك أيضاً نوع ترابي منه، غير أن الالتباس يمتنع إذا ما سمي هذا النوع الأخير باسم أفضل وهو "المغرة الحمراء" أما ذلك النوع المعين من حجر الدم الذي استخدمه المصريون القدماء فـــي صنع الخرز والتمائم وأعواد الكحل والزخارف الصغيرة فكان أسود معتماً ذا بريق معـــدني، وقد أستمعل منذ عصر ما قبل الأسرات.

حجر اليشم Jade

يطلق اسم اليشم علي معدنيين مختلفين النفريت Nephrite أو اليشم الحر والجاديت Jadeite، وهما متماثلان إلي درجة لا يمكن معها في يقين تمييز أحـــدهما عـــن الآخـــر إلا بالفحص الكيميائي أو الميكروسكوبي. وقد يكون كلاهما من لون أبيض أو أشهبب (رمـــادي) أو أخضر في فروق طفيفة، وكلاهما شبه شفاف له لمعان الشمع أو الشحم، ويتشـــابه كثيـــراً ثقلهما النوعي ودرجة صلادتهما حتى لقد تتداخل القيم بعضها في بعض، علي أن الجاديـــت أصلد النوعين وأثقلهما. ويختلف تركيب هاتين المادتين كثيراً من الوجهة الكيميائية، فالنفريت في جوهرة عبارة عن سليكات الكالسيوم والمغنسيوم المزدوجة، بينمـــا الجاديـــت ســـليكات الألومنيوم والصوديوم المزدوجة.

ويوجد النفريت في العالم القديم بوادي نهر كراكاش في جبال كوين لـــوين شـــمال كشمير وفي مواقع أخرى بالقرب منه حيث توجد مناجم قديمة لهذا الحجر أوشـــكت الآن أن تستنفذ، ويوجد في غربي بحيرة بيكال في سيبريا، وتوجد كميات صغيرة منه فـــي سيليســـيا

وليجوريا وجبال هرتس وربما في مواقع أخرى من أوربا. ويوجد الجاديت علي الأخص في بورما العليا لكنه يوجد أيضاً في الصين والتبت وبريتاني.

اليشب Jasper

اليشب نوع غير نقي معتم مدمج من السليكا، وقد يكون أحمر أو أخضر أو بنيـاً أو أسود أو أصفر بالتلون بمركبات الحديد، واليشب الأحمر هو النوع الذي كان مستعملاً بصفة خاصة في مصر القديمة وإن كانت الأنواع الأخرى قد استخدمت أحياناً.

وكان اليشب الأحمر يستخدم غالباً في صنع الخرز والتمائم، ولو أنه كان يسـتعمل لترصيع الحلي، وأحياناً أخرى في صنع الجعارين وغير ذلك من الأغراض.

حجر اللازورد Lapis Lazuli

اللازورد حجر معتم ذو لون أزرق قاتم به عادة نقط أو رقع أو عروق بيضاء مـن الكالسيت، وأحياناً تكون به حبيبات دقيقة صفراء براقة من بيريت الحديد تشابه دقائق الذهب. ويتركب اللازورد كيميائياً من سليكات الالمنيوم وسليكات الصوديوم مع كبرتور الصـوديوم، ولا ريب في أن هذا الحجر هو الذي أطلق عليه تيوفراستس وبليني اسم Saphiros.

والمعروف حتى الآن هو أن اللازورد لا يوجد في مصر، ولو أن عدة مؤلفين قـد ذكروا أنه يوجد بها، فماك ليفر يقول إن "اللازورد معروف بكونه مصري الموطن غير أنـه لم يورد أي دليل علي ذلك، ويقلل كثيراً من قيمة هذا القول ما جاء في كلامه بعد ذلك من أن حجر سيلان لا يوجد في مصر مع أنه موجود فيها بكثرة. وذكر الإدريسي منجم لازورد يقع بالقرب من الواحات الخارجية ولكن لا يستطاع الحصول علي ما يؤيد ذلـك. ويقـول فـون بيسنج Von Bissing إن اللازورد يوجد في بلاد الحبشة.

الملاكيت Malachite

الملاخيت خام للنحاس ذو لون أخضر جميل، وكثيراً ما يري سطح مكسره مكونـاً من طبقات مميزة جميلة يظهر فيها بالتتابع لون فاتح ولون قاتم. ويتركب الملاكيت كيميائيـاً من كربونات النحاس القاعدية.

ولو أنه يكثر جداً وجود الملاكيت في المقابر المصرية القديمة من جميع العصـور ابتداء من العهد التاسع وفترة البداري وعصر ما قبل الأسرات إلي عهد الأسرة التاسعة عشرة

يقيناً، إلا أن أهم الصور التي يوجد عليها ويكاد لا يوجد في سواها هي المسحوق (ويكون إما سائباً أو ملتصقاً نوعاً ما ببعضه البعض) المعد للأستعمال في أغراض الكحل أو كتل المادة الخام، وكان المسحوق يصنع منها، او اللطخ التي توجد علي الألواح والأحجار التي كان يسخن عليها، ولم يكشف في الواقع من الملاكيت أشياء مشغولة أو رصائع في الحلي إلا النادر جداً.

اللؤلؤ Pearl

اللآلئ هي متحجرات جيرية ذات بريق مميز خاص تنتجها رخويات مختلفة وعلي الأخص نوعاً المحار المسميان "Pearl – oyster" و "Pearl – mussel" ويوجد أولهما في مصر علي ساحل البحر الأحمر كما يوجد في الخليج الفارسي وعلي بعد من ساحل سيلان وفي أماكن أخرى.

الزبرجد Olivine والزبرجد الأصفر Peridot

الزبرجد سليكات مزدوجة من المغنسيوم والحديد، ويكون شفافاً أو شبه شفاف ولونه عادة أخضر شاحب. وقد استخدم الزبرجد بمصر في صنع الخرز منذ عصور ما قبل الأسرات المادة التي صنع منها بعض الخرز والأشياء الأخرى إن لم تكن كلها، مما يوجد ببلاد النوبة ووصفت بأنها من الزمرد المصري.

الزبرجد الأصفر وهو حجر شفاف ذو لون أخضر شاحب – ما هو إلا صورة الزبرجد الدرية ، ويوجد هذا الحجر في جزيرة القديس يوحنا في البحر الأحمر ولعله هو الحجر الذي سماه سترابو وبليني باسم Topazos إذ أن كلا المؤلفين قد ذكر أن هذا الحجر من بريق ذهبي، غير أن بليني روي أنه أخضر ناعم الملمس بالنسبة إلي غيره من الجواهر.

وليس هناك إلا مثل واحد لاستعمال الزبرجد الأصفر في مصر القديمة وهو جعران من عهد الأسرة الثامنة عشر.

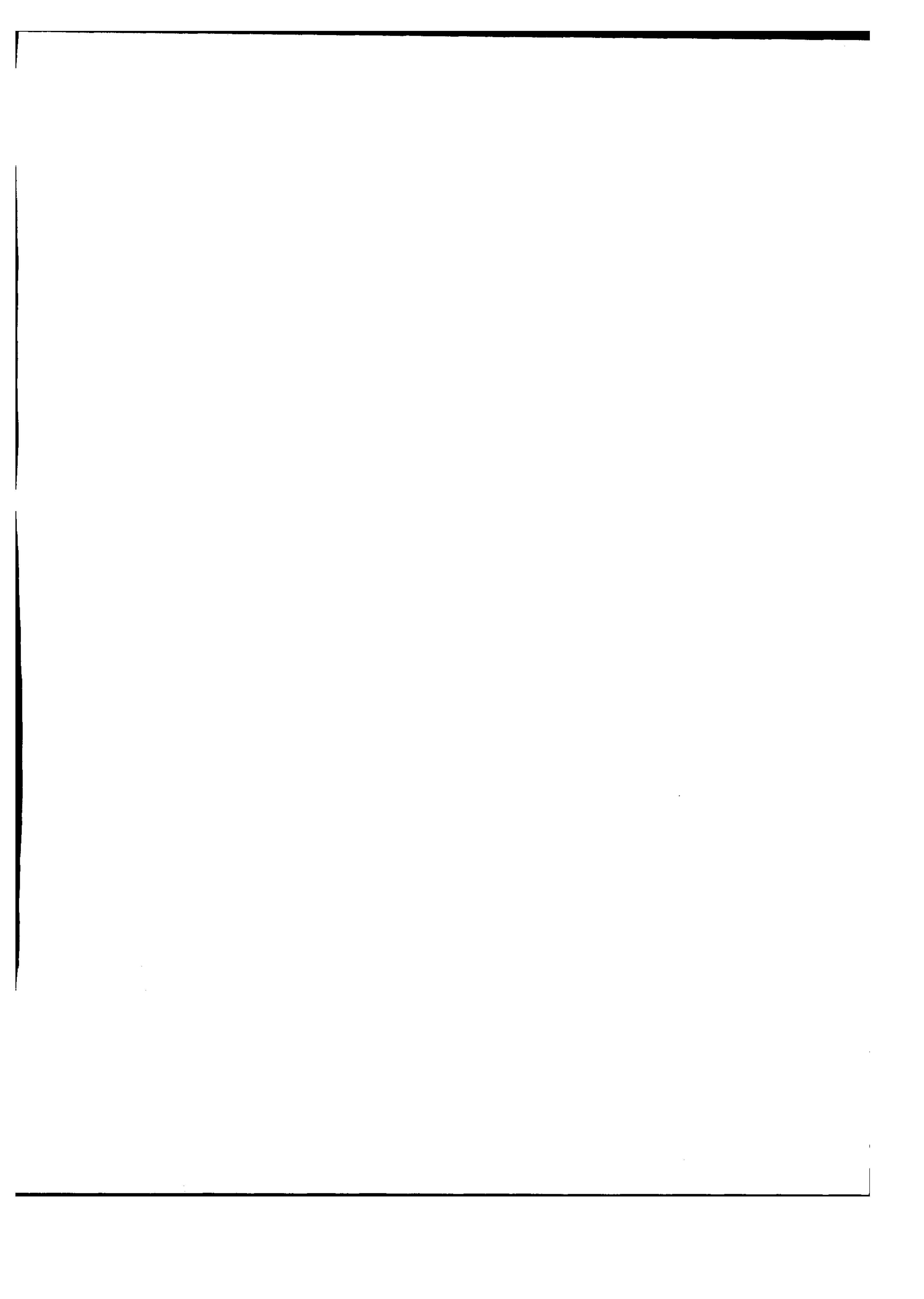
الكوارتز والصخر البلوري Quartz, Rock Crystal

الكوارتز صورة متبلورة من السليكا إذا كان نفيساً، فهو عديم اللون شفاف ولكنه قد يكون شبه شفاف أو معتماً. ويسمى النوع الأول بلوراً صخرياً والثاني كوارتز لبنياً ، وتنشأ لبنيته عن كثرة التجاويف الهوائية الموجودة به.

ويصطبغ الكوارتز أحياناً بلون يتراوح بين الأسمر الفاتح وما يقرب من الأسود فيسمى في هذه الحالة "كوارتز مدخناً" وقد وجد هذا النوع الخاص في منجم ذهب قديم في روميت بالصحراء الشرقية وقد يكون الكوارتز مرقعاً برقع من لون الجمشت فيسمى في هذه الحالة كوارتز جمشتي. ومن أماكن وجوده الموقع الذي يوجد به محجر الديوريت الخاص بالملك خفرع أي علي مسافة قدرها نحو أربعين ميلاً شمال غربي أبي سنبل.

ويوجد الكوارتز بكثرة في الصحراء الشرقية وعند أسوان كعروق في الصخور النارية.

قائمة المراجع



أولاً : المراجع العربية

- و.د. هاملتون وآخرون : المعجم الجيولوجي المصور في المعادن والصخور والحفريات، ترجمة محمد فتحي عوض الله، الهيئة المصرية العامة للكتاب.
- أ.د. جودة حسنين جودة: معالم سطح الأرض ، المكتب الجامعي الحديث – ١٩٩٨.
- محاضرات في الجيولوجيا العامة – كلية العلوم – قسم الجيولوجيا – جامعة جنوب الوادي.
- د. مصطفي محمود سليمان: تاريخ العلوم والتكنولوجيا في العصور القديمة والوسطي – الهيئة المصرية العامة للكتاب.
- محمد محمد كذلك : الأحجار الكريمة والمعادن النفيسة – مكتبة أبن سيناء.
- أبو العينين، حسن سيد أحمد: كوكب الأرض بيروت – ١٩٧٠.
- الفريد لوكاس: المواد و الصناعات المصرية القديمة أدوار أرنولد – لندن ١٩٦٢.
- سميح عافية: أضواء علي أستخراج وأستخدام المعادن والأحجار عن الحضارات المصرية – المساحة الجيولوجية – المصرية – ١٩٩٦.
- ج.ج كراوثر: قصة العلم – ترجمة د. يمنى طريف – د. بدوى عبد الفتاح – الهيئة المصرية العامة للكتاب.
- هـ. هـ. سوينرنون: الأرض من تحتنا – ترجمة محمد يوسف حس – فتح الله عوض – مؤسسة سجل العرب – ١٩٦٦.

ثانياً : المراجع الأجنبية

- Amorso, g and Fassina, V., 1983: stone decay and Conservation, Pudlished scientific Research Fund, Saui tzerland.
- Ball, J., 1907: A description of the First or Aswan Cataract of the Nile. Survey Dept., Cairo, 121 PP.
- Barton, D.C., 1916: The disintegration of granite in Egypt, Jour. Geol. V 24 P 382 – 393.
- Bassi, Mand Chiatante D., 1976: The role of Pigeon excrement in Stone biode terioration, Int. Biodet. Bull., 12 (3) 73 – 79.
- Carool, D., 1970: Rock weathering. New York. Plenum.
- Gindy. A.R, 1957: Certain geological observation and Their importance implications in The Petrogensis of rocks From The Aswan districe. Egypt Third Arab. Sci, Cong. Beirut, 83 – 103.
- Russel. H.N: (1935). The Solar system and its origin, New York.
- Smart, W.M.: (1959) The origin of The earth Edinburgh. Part 1, chap.1, p. 19 and chap2. P.40.

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	٣
الباب الأول أصل الأرض	٤
– نظرية السديم	٦
– نظرية الكويكبات	٧
– نظرية الكواكب الأولية	٩
– وحدات سلم الزمن الجيولوجي	١٠
– تشريح الأرض	١٠
– الأغلفة المختلفة للأرض	١٢
الباب الثاني المعادن	١٥
– التركيبات الكيميائية للمعادن	١٨
– بناء المعادن	١٩
– المحاور البلورية	٢١
– الخواص الطبيعية للمعادن	٢٥
– مجموعات البلورية	٣٩
– التجمعات المعدنية	٤١
– الخواص الكيمائية البلورية للمعادن	٤١
– البناء الذري للمعادن	٤٢
– نشأة المعادن	٤٥
– وجود المعادن في الطبيعة	٤٩
– العناصر الأصلية	٥١
– الكبريتيدات	٥٤
– الأكاسيد والأيدروكسيدات	٥٨
– الهاليدات	٦٨

– النيترات ، الكربونات والبورات	٧٠
– الكبريتات والكرومات	٧٤
– السليكات	٧٨
الباب الثالث الصخور	٩٠
– تنشأة أو تكوين الصخور	٩٢
– الصخور النارية	٩٣
– تقسيم الصخور النارية	٩٦
– الصخور الرسوبية	٩٩
– تقسيم الصخور الرسوبية	٩٩
– التحول والصخور المتحولة	١١٣
الباب الرابع نظرية تكتونية الألواح	١٢١
– الحرارة المنبثقة من باطن الأرض	١٢٣
– حدود بناءة	١٢٤
– حدوده هدامة	١٢٥
– الحدود المحافظة	١٢٨
– المناطق الواقعة وسط الألواح	١٢٨
الباب الخامس الجيولوجيا الطبيعية	١٣٥
– التجوية	١٣٦
– النقل	١٤٠
– النحت	١٤٢
– البناء	١٤٧
– أنواع الشعاب المرجانية	١٤٩
– تركيب الدلتا	١٥٠
الباب السادس : صور التجوية والصخور	١٥٢
– التجوية الميكانيكية	١٥٤

- التجوية الملحية ١٥٩
- التجوية الكيميائية ١٥٩
- أثر فعل التجوية في تكوين الصخور البيضاوية ١٦٣
- التجوية بفعل الكائنات الحية ١٦٥
- العوامل التي يتوقف عليها فعل التجوية ١٦٨
الباب السابع : الحركات والتركيبات الأرضية ١٧٢
- الحركات الأرضية ١٧٣
- التراكيب الجيولوجية ١٧٣
- تراكيب أولية ناتجة عن تأثير العمليات الخارجية ١٧٥
- التراكيب البنائية الثانوية ١٨٠
- الطيات ١٨٣
- الزلازل والبراكين ١٨٧
- البراكين ١٩١
الباب الثامن الحفريات ٢٠٣
- تعريف الحفرية ٢٠٥
- طرق حفظ الحفريات ٢٠٥
- أهمية الحفريات ٢٠٨
- الحياة في العصور القديمة ٢١٠
الباب التاسع الأحجار الكريمة ونصف الكريمة ٢٢٣
- صفة المتانة والصلادة ٢٢٦
- أصل تكوين الأحجار الكريمة ٢٢٨
المراجع العربية والأجنبية ٢٤١-٢٤٢

